المجلد 31 ـ العددان 12/11
نوڤمبر/ ديسمبر 2015

SCIENTIFIC AMERICAN
November / December 2015



الترجمة العربية لمجلة ساينتفيك أمريكان
تصدر في دولة الكويت منذ عام 1986 عن
مؤسسة الكويت للتقدم العلمي

قدرات النياندرتاليين العقلية



صيد البحر لإطعام بلايين البشر

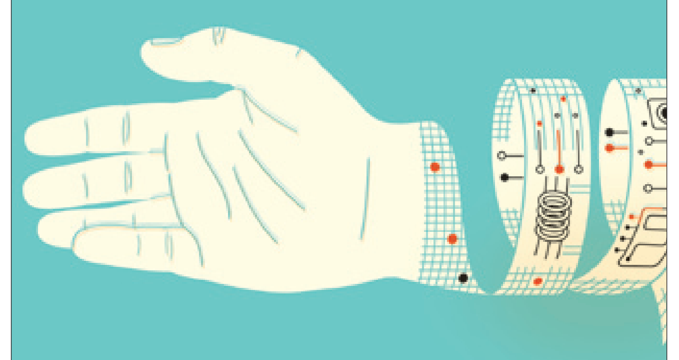


ولادة صاروخ



من ذئب إلى كلب

كشّاف موضوعات  العلوم 2015



تقرير خاص : مستقبل الطب 2015



حرب الإيبولا

العددان: 331/ 332 ـ السعر: 1.500 دينار كويتي



جائزة الكويت لعام 2016

دعوة للترشيح

تمشـيا مع أهداف مؤسسـة الكويت للتقدم العلمي، وتحقيقـا لأغراضها في تدعيم الإنتاج العلمي وتشـجيع العلماء والباحثـين العرب، تقوم المؤسسـة بتخصيص جوائز في مجالات العلوم والآداب والفنون، وذلك وفق برامجها السـنوية. وتسـجل المؤسسـة من خلال هذه الجوائز اعترافها بالإنجازات الفكرية المتميزة التي تخدم التقدم العلمي وتفتح الطريق أمام الجهود المبذولة لرفع المستوى الحضاري في مختلف الميادين.

وموضوعات جائزة الكويت لعام 2016 هي في المجالات الأربعة الآتية:

1 - العلـوم الأسـاسـية	: الفيزياء	Physics
2 - العلـوم التطبيقية	: الغذاء والزراعة	Food and Agriculture
3 - العلـوم الاقتصادية والاجتماعية	: العلوم المالية والمصرفية	Banking and Finance
4 - الفنـون والآداب	: دراسات في الفنون التشكيلية والمسرحية والموسيقية	Studies in the Fine and Performing Arts and Music

تقدم المؤسسة سنويا في كل مجال من هذه المجالات جائزة مقدارها **40 000** د.ك (أربعون ألف دينار كويتي) إلى واحد أو أكثر من أبناء دولة الكويت والبلاد العربية الأخرى، كما تقدم المؤسسة مع الجائزة النقدية ميدالية ذهبية ودرع المؤسسة وشهادة تقديرية، علما بأن مواضيع مجالات الجائزة تتغير من عام إلى آخر.

ويتم منح جائـزة الكويت وفق الشروط الآتية :

(1) أن يكون المتقدم عربي الجنسـية ولديه ما يثبت منشـأه العربي، من خلال شهادة ميلاد في بلد عربي أو جواز سفر عربي صالح، ويرفق مع طلب التقدم ما يثبت ذلك.

(2) أن يكون الإنتاج مبتكرا وذا أهمية بالغة بالنسبة إلى الحقل المقدم فيه ومنشورا خلال السنوات العشرين الماضية. ويشمل الإنتاج العلمي ما يلي : أبحاثا منشـورة أو مقبولـة للنشـر في مجـلات علمية محكمـة وكتبـا مؤلفـة أو مترجمـة أو محققـة أو فصلا منشورا في كتاب على أن يتمتع الكتاب بترقيم دولي معتمد (ISSN)، ولا تدخل أبحاث رسائل الماجستير والدكتوراه في تقييم الإنتاج العلمي للمرشح.

(3) تَقبل المؤسسـة ترشـيحات الجامعات والهيئات العلمية، كما يحق للأفراد الحاصلين على هذه الجائزة ترشـيح من يرونه مؤهلا لنيلها، ولا تُقبَل ترشيحات الهيئات السياسية.

(4) تقبل المؤسسة طلبات المتقدمين من تلقاء أنفسهم على أن يكون تقديمهم مشفوعا بقائمة تضم أربع شخصيات أكاديمية أو بحثية ومؤسسة علمية، وستخاطب المؤسسة ثلاثا من هذه القائمة لتقديم خطابات تزكية للمتقدم.

(5) قرارات مجلس إدارة مؤسسة الكويت للتقدم العلمي نهائية ولا يجوز الاعتراض عليها.

(6) تعبئة طلب التقدم للجائزة، ويُرسل مع جميع أعمال المتقدم إلكترونيا، ويمكن الحصول على طلب التقدم من خلال الموقع الإلكتروني للمؤسسة www.kfas.org.

(7) يرسل الطلب مع الأعمال وفق ملفات PDF، إما بواسطة وسيلة التخزين Flash Memory، على العنوان الآتي: **مؤسسـة الكويت للتقدم العلمي** – الشـرق شارع أحمد الجابر – التليفون المباشر: 0096522270465 ؛ أو بواسطة مواقع خدمات التخزين السحابية مثل (Google drive - Dropbox - OneDrive) وترسل عبر البريد الإلكتروني إلى مكتب الجوائز prize@kfas.org.kw.

(8) تقبل الترشيحات حتى **2016/3/31**.

للاستفسار بشأن الجائزة يرجى الاتصال بالرقم الآتي: 22270465 فاكس: 22270462
أو البريد الإلكتروني لمكتب الجوائز : prize@kfas.org.kw



الترجمة العربية لمجلة ساينتفيك أمريكان
تصدر في دولة الكويت منذ عام 1986 عن
مـؤسسة الـكويت للـتقدم الـعلمي

المجلد 31 ـ العددان 12/11 (2015)
332/331

مراسلات التحرير توجه إلى: رئيس تحرير العلوم
مؤسسة الكويت للتقدم العلمي
شارع أحمد الجابر، الشرق – الكويت
ص.ب : 20856 الصفاة، الكويت 13069
بريد إلكتروني: oloom@kfas.org.kw – موقع الوِب: www.oloommagazine.com
هاتف: 22428186(965+) – فاكس: 22403895(965+)

سعر العدد

البلد	السعر	العملة	البلد	السعر	العملة	البلد	السعر	العملة	Country	Currency	Price
الأردن	1.800	دينار	السودان	5.4	جنيه	الكويت	1.500	دينار	Britain	£	4
الإمارات	20	درهم	سوريا	100	ليرة	لبنان	2765	ليرة	Cyprus	Cl	2.5
البحرين	1.800	دينار	الصومال	1497	شلن	ليبيا	1.7	دينار	France	€	6
تونس	2.5	دينار	العراق	1964	دينار	مصر	7	جنيه	Greece	€	6
الجزائر	105	دينار	عُمان	2	ريال	المغرب	30	درهم	Italy	€	6
جيبوتي	206	فرنك	فلسطين	1.25	U.S $	موريتانيا	889	أوقية	U.S.A.	$	6
السعودية	20	ريال	قطر	20	ريال	اليمن	250	ريال	Germany	€	6

الاشتراكات

ترسل الطلبات إلى **قسم الاشتراكات** بالمجلة.

	بالدينار الكويتي	بالدولار الأمريكي
■ للطلبة وللعاملين في سلك التدريس و/أو البحث العلمي	12	45
■ للأفراد	16	56
■ للمؤسسات	32	112

ملاحظة: تحول قيمة الاشتراك بشيك مسحوب على أحد البنوك في **دولة الكويت**.

مراكز توزيع العلوم في الأقطار العربية

بوساطة: **المجموعة الإعلامية العالمية** – دولة الكويت

● **الإمارات:** شركة أبوظبي للإعلام – أبوظبي ● **البحرين:** مؤسسة الأيام للنشر – المنامة ● **تونس:** الشركة التونسية للصحافة – تونس ● **السعودية:** الشركة الوطنية الموحدة للتوزيع – الرياض ● **سوريا:** المؤسسة العربية السورية لتوزيع المطبوعات – دمشق ● **عُمان:** مؤسسة العطاء – مسقط ● **فلسطين:** شركة رام الله للتوزيع والنشر – رام الله ● **قطر:** شركة دار الثقافة – الدوحة ● **الكويت:** المجموعة الإعلامية العالمية – الشويخ، المنطقة الحرة ● **لبنان:** مؤسسة نعنوع الصحفية للتوزيع – بيروت ● **مصر:** الأهرام للتوزيع – القاهرة ● **المغرب:** الشركة العربية الإفريقية – الرباط ● **اليمن:** القائد للنشر والتوزيع – صنعاء.

بزيارة **موقع المجلة www.oloommagazine.com** يمكن الاطلاع على مختلف إصدارات العلوم اعتبارا من العدد 1995/1، كما يمكن الاطلاع على قاموس مصطلحات العلوم منذ نشأتها باتباع التعليمات الواردة على الصفحة الرئيسية للموقع.

يمكن تزويد المشتركين في العلوم بنسخة مجانية من **قرص CD** يتضمن خلاصات مقالات هذه المجلة منذ نشأتها عام **1986** والكلمات الدالة عليها إلى عام **2005**. ولتشغيل هذا القرص في جهاز **مُدعم بالعربية**، يرجى اتباع الخطوات التالية:

1- اختر Control Panel من start ثم اختر Settings
2- اختر Regional and Language Options
3- اختر Arabic من قائمة Standards and Formats ثم اضغط OK

المقالات

ترجمة أو مراجعة

«*مجلة العلوم*» تصدر شهريًا في الكويت منذ عام 1986 عن «**مؤسسة الكويت للتقدم العلمي**» وهي مؤسسة أهلية ذات نفع عام، يرأس مجلس إدارتها صاحب السمو أمير دولة الكويت، وقد أنشئت عام 1976 بهدف المعاونة في التطور العلمي والحضاري في دولة الكويت والوطن العربي، وذلك من خلال دعم الأنشطة العلمية والاجتماعية والثقافية. و«مجلة العلوم» هي في ثلثي محتوياتها ترجمة لـ«***ساينتفيك أمريكان***» التي تعتبر من أهم المجلات العلمية في عالم اليوم. وتسعى هذه المجلة منذ نشأتها عام 1845 إلى تمكين القارئ غير المتخصص من متابعة تطورات معارف عصره العلمية والتقانية، وتوفير معرفة شمولية للقارئ المتخصص حول موضوع تخصصه. تصدر «***ساينتفيك أمريكان***» بثماني عشرة لغة عالمية، وتتميز بعرضها الشيق للمواد العلمية المتقدمة وباستخدامها القيّم للصور والرسوم الملونة والجداول.



صيد البحر لإطعام بلايين البشر(*)

كيف تحاول مجموعة من المتنبئين[١] إطعام الصين والحفاظ على محيطات العالم.

<E. ڤانس>

يقسم التشبيك[٢] بحيرة ليانكزي إلى مناطق مزروعة من قبل شركتين. وثمة حاجة إلى زيادة إنتاجية المزارع السمكية في المياه العذبة لتخفيف الإفراط في صيد أسماك البحر.

في الشهر 2007/1، كان <N. فو> يجهز قاربه الصغير لما بدا أنه يوم آخر من أيام صيد **الأخطبوط**[٣] قبالة سواحل ڤيتنام. وسرعان ما توجه إلى البحر، وإذ بعدة قوارب صينية تلوح في الأفق. وعلى الفور فكّر <فو> في الهرب، ولكنه كان يعلم أنه لن يستطيع الابتعاد كثيرا. وعندما حاذت البوارج الصينية قاربه، لم يبدِ <فو> أو طاقمه أية مقاومة، قائلا: «لا نجازف مع الصينيين» وإنما «نكتفي فقط بهذه الوضعية» - جثم على الأرض ويديه أعلى رأسه - «مبتهلين إلى الله أن يلهمنا الصبر.»

يزعم <فو> أن جنودا صينيين صادروا قاربه واقتادوه هو وطاقمه إلى السجن في جزيرة مجاورة، حيث أمضوا أكثر من شهر في زنزانة صغيرة وكانوا يتعرضون للتعذيب يوميا، ثم أُخلي سبيلهم بعد ذلك دون محاكمة أو قاض أو توضيح. لقد قبض عليه ثم أطلق سراحه تماما كما لو أنه كان سمكة في الماء.

إن قصة <فو> تلك التي أخبرني بها في الشهر 2014/8 عن طريق مترجم، تتطابق تماما مع ما هو معروف جيدا من أسلوب الاستعراض الصيني في السنوات الأخيرة في مياه المحيط الهادي الآسيوية. وبهذا الصدد، يقول صيادو أسماك التونا في جزر فيجي[٤] إن صيادي السمك الصينيين يرفضون الاعتراف بحدود الصيد الخاصة بهم حول جزرهم. ومثل هذه الانتهاكات الصينية في المياه الإقليمية لليابان قد تسببت في تأجيج الصراع المتوتر أصلا بين البلدين. كما تحاول الفلبين

(*) Fishing for Billions
(١) visionaries: أصحاب الرؤى المستقبلية.
(٢) netting
(٣) octopus
(٤) Fiji

باختصار

تنتج الصين ثلث إنتاج العالم من المأكولات البحرية، وتستهلك أكثر من عشرة بلدان مجتمعة تليها في القائمة. إن قدرة الصين على إعادة تنظيم مزارعها السمكية في المياه العذبة والمالحة لتخفيف الصيد في البحر، سيحدد ما إذا كانت صناعة صيد الأسماك في العالم ستستمر أو تنهار.

تحاول **مجموعة من العلماء** ورجال الأعمال إعادة تصميم نظم الزراعة المائية بحيث يمكن لكثير من الأنواع السمكية استهلاك مخلفات بعضها بعضا؛ مما يجعل المزارع السمكية أقل تلوثا وأكثر استدامة. ويسعى هؤلاء إلى تطبيق هذا المبدأ على آلاف المزارع الصينية الصغيرة والكبيرة في المياه العذبة والتي تنتج 70 في المئة من الأسماك المستهلكة في البلاد.

وحتى الآن لا تزال المأكولات البحرية المنتجة وفقا لهذه الطريقة باهظة الثمن، ولكن يتعين خفض التكاليف قبل أن يشتري المستهلكون الصينيون تلك المنتجات على نطاق أوسع.



المؤلف
Erik Vance

<**ڤانس**> كاتب في الشؤون العلمية يعيش في مدينة مكسيكو، ويتمحور اهتمامه حول علوم البحار وعلم الدماغ. إنه تواق إلى اليوم الذي يستطيع فيه تناول طعام بحري دون شعور بالذنب.

أيضا ترسيخ وجودها العسكري في بعض المناطق ذات المياه الضحلة والتي بدأت تجوبها الآن قوارب الصيد الصينية قبالة شواطئها، حيث تزعم الصين أن بحر الصين الجنوبي هو جزء من حدودها الإقليمية منذ مئات السنين.

ثمة حقيقة غير قابلة للنقاش وهي أن الصين جائعة للأسماك. وبما أن مستوى المعيشة في البلاد قد ارتفع، فقد ازداد الطلب على المأكولات البحرية بشكل ملحوظ. ويستهلك الفرد الصيني من السمك ما يزيد على 50 في المئة عن الفرد الأمريكي. كما أن الصين بعدد سكانها البليون و400 مليون نسمة تستهلك من السمك ما يفوق استهلاك البلدان العشرة الكبرى التي تليها مجتمعة.

ولتلبية الطلب المتزايد على الأسماك، أنتجت الصين عام 2012 من السمك ما يقارب 57 طنا من مزارع سمكية طبيعية أو صناعية، وهو ما يعادل ثلث الإنتاج العالمي، طبقا **لمنظمة الأمم المتحدة للزراعة والأغذية**(1) **(الفاو)**. ولدى الصين حاليا 700 ألف سفينة صيد تجوب المياه حول العالم وتدلي بأقفاص ضخمة إلى قاع المحيط ساحبة شباك صيد ضخمة بحجم ملعب كرة قدم. وهناك دول أخرى تستخدم تقنيات مشابهة، ولكن الصين تتفوق حتى على اليابان والولايات المتحدة وتُعتبر مسؤولة عن استنزاف مسامك العالم (المحيطات).

ونتيجة لذلك، فإن كثيراً من الحيوانات البحرية المستخدمة في أطباق شائعة، **كخيار البحر**(2)، وسمك القرش **وأذن البحر**(3)، آخذة بالتضاؤل في مختلف أنحاء العالم. وباستثناء إجراءات رمزية كحظر استخدام الحساء المحضر من زعانف سمك القرش في المراكز الحكومية، فإن الحكومة الصينية لا تزال حتى الآن مترددة في الاعتراف بهذه المشكلة.

ولكن بعض رجال الأعمال والعلماء الصينيين، القلقين من أن الطرق الحديثة لصيد السمك تستنزف أسماك المحيطات بوقت أسرع من توالدها، قد بدؤوا للتو بالاهتمام بالمشكلة. وتحاول ثلة من هؤلاء الطموحين قلب الموازين من خلال إعادة تنظيم الزراعة السمكية الصينية بدءا من آلاف المزارع الصغيرة في المياه العذبة، والتي لا تزال تستخدم الطرق القديمة في الصيد، إلى مزارع صناعية ضخمة في المحيط.

إن الهدف من ذلك هو تحويل العمليات القديمة الملوثة وقليلة المردود إلى نموذج صيني فريد في إنتاج الطعام البحري بطريقة مستدامة، وفي الوقت نفسه مساعدة مربي مزارع الأسماك الصغيرة والكبيرة على الازدهار. كما يطمحون إلى تلبية رغبات المستهلكين الصينيين بتقديم أسماك نظيفة وصحية للأكل من خلال تقديم مزارعهم السمكية على أنها مزارع متطورة بديلة عن المزارع التقليدية القديمة. وإذا استطاع هؤلاء الباحثون ورجال الأعمال إيجاد طرق مستدامة لتلبية الطلب على الأنواع السمكية المفضلة تراثيا، **كشبوط المياه العذبة (الكارب**(4)**)**، فإنهم سيقطعون شوطا طويلا نحو إنقاذ مسامك العالم من الاستنزاف.

إدارة المحيط كمزرعة(*)

تتميز مياه المزرعة السمكية حول جزيرة زانگزي(5) قرب كوريا بالبرودة. ويقال إن هذه المياه الباردة تنتج أجود المأكولات البحرية في العالم. ويعتبر الخليج الصغير الذي أُجهِّز نفسي للدخول إليه مشهورا، لأنه في عام 1972 وقع الاختيار على سمك أذن البحر لتحضير مأدبة تكريم الرئيس الأمريكي <نيكسون> آنذاك أثناء زيارته التاريخية التي آذنت بفتح العلاقات التجارية مع الصين.

إن دفء الهواء اليوم يجعل سترة الغطس التي أرتديها بسماكة سبعة ميليمترات خانقة في الدقائق القليلة التي تسبق غطسي في الماء مع مرشدَين ومصور، كما لو كنا أكياس بطاطا من **مطاط صناعي** neoprene. وكان رفاقي صيادي أسماك لدى مجموعة زانگزيداو Zhangzidao، التي كانت سابقا شركة استزراع سمك تقليدية، ولكنها اليوم تعكف على اختبار فكرة جديدة. إنهم لطفاء للغاية، ولكنهم مرتابون قليلا؛ لأننا أول صحفيين أجانب نزور الموقع.

كلما تعمقنا أكثر في الغطس في الماء المظلم، كنا نرى ما يشبه نظاما بيئيا ساحليا شائعا: أعشاب **وطحالب بحرية**(6) وامتدادات رملية عريضة. بعد ذلك، شاهدت خيار البحر **وثنائيات الصدفة**(7) **وقنافذ البحر**(8) متناثرة في قاع المحيط تتجول مكشوفة وليست مخفية في شقوق أو جحور، كما قد

(*) MANAGING THE OCEAN LIKE A FARM
(1) the United Nations Food and Agriculture Organization
(2) sea cucumber
(3) abalone
(4) (carp) freshwater
(5) Zhangzi Island
(6) kelp
(7) bivalves
(8) urchins

يخطر علــى البال. وقد بدأ الصيادون مباشــرة بالتقاط تلك المخلوقات البحرية يدويا كما يلتقط الأطفال بيوض الشوكولا في عيد الفصح.

وتستخدم هذه المزرعة السمكية – إن جازت تسميتها كذلك – مقاربة جديدة تحاكي النظام الطبيعي على نطاق واســع. فمن ورائنا، وعلى امتداد هذا الخليج وخلجان أخرى مجاورة، هناك صفوف لاحصر لهــا من الأقفاص المملــوءة بصغار أصداف **الأســقلوب**(١) التي سترمى إلى الماء وتبقى إلى أن تكبر بما فيه الكفايــة ليصار إلى جنيها من قبل هؤلاء الســابحين بجانبي. وخلافا لذلك، لاتوجد هناك أقفاص أو حظائر مُســيّجة. كذلك لاتوجد مُخصِّبات(٢) أو تغذية صناعية أو مضادات حيوية.

ويقول <L. جون> [المســؤول العلمي في الشــركة]: «إننا نســتخدم نظاما مائيا غذائيا متكاملا يطلق عليه (IMTA)(٣)، حيث تكون مخلفات أحد الأنواع غذاء لنوع آخر.»

ويعتبر هذا النظام IMTA للمزارع السمكية مفهوما واسع الانتشــار ظهر بأشــكال مختلفة في بعض البلدان مثل كندا واسكتلندا والولايات المتحدة والنرويج. وتقوم فكرته على تربية أنواع متعددة يتغذى بعضها بمخلفات بعضٍ؛ مما يخفف من تلوث الماء. وأكثر أنماط هذا النظام شيوعا هي وجود سلسلة مــن الأقفاص المتجاورة حيث تتغــذى كائنات أحد الأقفاص بمخلفات(٤) القفص الآخر. وأشــهر هذه الأنظمة، على سبيل المثال، مشروع خليج فاندي(٥) في كندا الذي يستخدم أقفاصا منســقة بطريقة تسمح بمرور الغذاء(٦) مع تيار الماء من سمك سليمان إلى ثنائيات الصدفة ثم إلى أعشاب بحرية.

لكن شركة زانگزيداو تنتهج مسلكا آخر مختلفا تماما. وفي الحقيقة، تمثل جزيرة زانگزي وجزر أخرى كثيرة حولها ما يشبه القفص بحكم موقعها الجغرافــي. ولهذا، درس فريق <جون> بعناية حركة المغذيات (المخلفات) على طول الشواطئ، وقاموا أحيانــا ببناء **حيود**(٧) بحرية صناعيــة لتوجيه التيارات المائية التي تنقل المغذيــات. وبعد ذلك، قاموا بزراعة المناطق المحيطة بالجزر والغنية بالمغذيات بأصداف الأســقلوب الصغيرة التي تمت تربيتها كي تنمو وتزدهر بعد أن تتم إزالة مفترساتها.

وهكذا تصبح المياه غنية بشــكل طبيعــي ببعض الأنواع المختارة. وتراقب الشــركة بعض المؤشرات الرئيسية كدرجة الحــرارة، ولكن في غالب الأحيان تُترك الحيوانات وشــأنها – تحمي نفســها بنفســها – إلى أن يقوم غواصــون بجمعها بانتظام. ليس هناك **صيد عشــوائي**(٨) – أي صيد أنواع غير مرغوب فيها كما هي الحال في الصيد البري، كما أن التلوث قليل أيضا. وتقوم الشركة بإعادة تصنيع الصدف على شكل كتل خرسانية لتكوين شعاب جديدة مستقبلا.



إن أهــم ما يميز هذا المشــروع حقا هــو حجمه. ويقول <T. شــوپان> [المختــص بعلم الأحياء مــن جامعة برونزويك الجديدة، ويعمل في مشــروع خليــج فاندي]: «عندما قرروا إنشــاء زراعة مائية في خليج صغير، تجاوزوه إلى أبعد من ذلك بكثير، وهو ما قد يكون مستحيلا في العالم الغربي. إن الأمر مختلف تماما.»

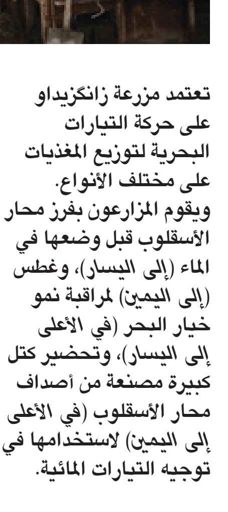
ففي الوقت الذي يغطي فيه مشروع فاندي بضعة هكتارات فقط ويضم تســعة **أطواف لتربية بلح البحــر**(٩)، والذي يقوم بترشيح المخلفات السائلة، فإن مساحة مزرعة جزيرة زانگزي تعادل أربعة أضعاف مساحة شــيكاغو. كما أن خليج فاندي ينتج ســنويا نحو 200 طن من عشب البحر و300 إلى 400 طن من بلح البحــر، بينما تنتج مزرعة جزيرة زانگزي 60 ألف طن من عشــب البحر كمنتج ثانوي في غالب الأحيان، وهو يُسوّق محليــا. ولكن الربح الحقيقي يأتي من إنتاج 200 طن من قنفذ البحر و300 طن من **المحار**(١٠)، و700 طن من **القواقع البحرية**(١١) و2200 طن من أذن البحر وكمية ضخمة من الأسقلوب المربى،

---

(١) scallop
(٢) أو: أسمدة.
(٣) Integrated Multitrophic Aquaculture
(٤) أو: مغذيات.
(٥) Bay of Fundy
(٦) أو: المخلفات.
(٧) reefs
(٨) bycatch
(٩) mussel rafts
(١٠) oyster
(١١) sea snails









تعتمد مزرعة زانگزيداو على حركة التيارات البحرية لتوزيع المغذيات على مختلف الأنواع. ويقوم المزارعون بفرز محار الأسقلوب قبل وضعها في الماء (إلى اليسار)، وغطس (إلى اليمين) لمراقبة نمو خيار البحر (في الأعلى إلى اليسار)، وتحضير كتل كبيرة مصنعة من أصداف محار الأسقلوب (في الأعلى إلى اليمين) لاستخدامها في توجيه التيارات المائية.

تبلغ 50 ألف طن في العام. وتعتبر هذه العملية منتجة للغاية، الأمر الذي جعل شركة زانگزيداو تنشئ مؤخرا صناعة سياحية لصيد الأسماك التي تتجول في الخلجان وتتغذى باللافقاريات المزدهرة هناك.

ويقول ‹جون›: «إن هذا النمط من الزراعة المائية لا ينجح إلا إذا أنشئ على نطاق واسع. ولكي يكون مجديا اقتصاديا، يحتاج إلى مساحة لا تقل عن مئة كيلو متر مربع، أي ما يعادل مساحة مدينة صغيرة. كما أن إنشاء مزرعة من هذا القبيل، يحتاج إلى كثير من البحوث العلمية عن حركية مياه المحيطات.»

يدير ‹جون› شاشة حاسوبه لعرض خريطة مفصلة للجزر مبينة أين تتركز المغذيات وأين يكون المردود في ذروته. وتعتمد معظم هذه العوامل، تركيز المغذيات وحجم المردود، على حركة التيارات المائية في المحيط، والتي يمكن لـ‹جون› التحكم فيها إلى حد ما من خلال إلقاء بعض الكتل الخرسانية في الماء، والتي تضاهي بأحجامها أحجام الثلاجات، لتشكيل شعاب صناعية. وقد ألقى ‹جون› إلى الآن نحو 20 ألف كتلة من هذه الكتل في مياه البحر.

ويقول بعض الغربيين إن مزرعة زانگزيداو لا تستخدم حقا النظام IMTA، نظرا لأنها لا تزرع أو تجني أسماكا زعنفية يمكن لمخلفاتها، من حيث المبدأ، أن تغذي اللافقاريات. ولكنهم يفضلون مصطلحا آخر أقل تقنية، مثل **مزرعة بحرية**[1]. وفي كلتا الحالتين، فإن مزرعة زانگزيداو تثير الدهشة من حيث الحجم والكفاءة. ومع ذلك، فهي ليست بأي حال من الأحوال خالية من العيوب. فعلى سبيل المثال، وطبقا لأحد مندوبي المزرعة، فإن أكثر من نصف مساحتها عميق جدا بحيث لا يمكن الصيد فيها يدويا، ولذلك لا يزال الصيادون يستخدمون شباك صيد ثقيلة وصلبة، بعرض خمسة أمتار لكل شبكة، ويتم سحبها على طول قاع المحيط، الأمر الذي يتسبب غالبا في إيذاء القاع. كما أن منتجات مزرعة زانگزيداو باهظة الثمن. ويباع خيار البحر في الصين، وهو كائن صغير خشن المظهر شبيه بالحلزون عديم القوقعة وقريب من نجم البحر، بما يعادل 250 دولاراً للقطعة الواحدة. وهكذا، فإن الطعام البحري المستدام في الصين يبدو محصورا بالأثرياء في المقام الأول، كما هي الحال في الولايات المتحدة وأوروبا.

الاهتمام بجميع المستهلكين[*]

بيد أن الحجم غير المسبوق للمشروع يلوّح إلى إمكانية إيجاد حل للطلب الصيني الضخم على المأكولات البحرية. وتكمن الفكرة في إتاحة المأكولات البحرية المستدامة للمستهلكين بجميع مستويات دخولهم. وفي هذا الصدد يقول ‹Y. فينگ› [رئيس مجموعة زانگزيداو]: «إن تسويق المنتجات المستدامة في الصين هو تحدٍ كبير، على الأقل في الوقت الراهن»، مضيفا أن «المستهلكين ستكون لهم الكلمة الفصل من خلال التساؤل التالي: ما الفائدة التي أجنيها من ذلك؟»

(*) BRINGING CONSUMERS ALONG
(1) ocean ranch

ولكن، ليس لدى المستهلكين الصينيين أي اكتراث بالبيئة حتى الآن ولا يرغبون في إنفاق الكثير للمساهمة في الحفاظ عليها، نظرا لوجود اهتمام أكبر في مخيلتهم. ويقول <A. يان> [من المكتب الاستشاري للوكالة البحرية في آسيا والمحيط الهادي]: «إن الحكومة والمستهلكين الصينيين يبحثون حقا عن منتجات غذائية سليمة حقاً.»

إن بعض المخاوف الصحية السابقة، المرتبطة بالتسمم بالرصاص والحليب المزوج بالميلامين، جعلت الصينيين يشعرون بالقلق إزاء مصدر غذائهم. ولكن ‹يان› يبرر بالقول إن التغييرات في عملية الإنتاج الهادفة إلى تحسين سلامة الغذاء تفتح الباب نحو الحفاظ على هذا الإنتاج. وعندما بدأت مزرعة زانگزيداو بتجربتها، كانت تُصدِّر معظم إنتاجها من الأسقلوب إلى مشترين من ذوي الوعي البيئي في الولايات المتحدة وأستراليا وأوروبا. ولكن جميع إنتاجها حاليا من المأكولات البحرية يبقى في الصين ويسوّق على أنه صحي أكثر من كونه صديقاً للبيئة.

وصدى هذا الخطاب التجاري يتردد في سوق قرب مدينة داليان[1]، حيث الرغبة للمنتج جلية. وقد مشيت بين ممرات السوق المرصوفة بخيار البحر وسرطان البحر والمحار والقواقع، وكانت تتجاذبني أصوات الباعة بالصينية «ما هو طلبك؟!» وقد نفث محارٌ طازج الماءَ على سروالي بينما كانت العجائز تغترف القريدس بالمجارف تحت لافتات مزركشة برّاقة تظهر عليها رسوم سمك فكاهية.

وكانت تقريبا كل بسطة[2] في سوق السمك تدعي بأن مصدر أسماكها هو مسمكة زانگزي، وهو أمر مستبعد لأن شركة زانگزيداو غالبا ما تبيع أسماكها إلى تجار تجزئة كبار ومطاعم راقية. ولكن هذه الادعاءات تبين أن اسم العلامة التجارية «زانگزي» قد أضحى مَطمَعا. ويقول <N. M. أويانگ> [صاحب أحد الأكشاك الذي يبيع منتجات الجزيرة مقابل 20 في المئة إضافية]: «إن لديهم شعابا مرجانية صناعية، وهو أمر صحي جدا للأسماك». ويضيف بائع آخر، عمره 35 سنة واسمه <H. Z. ليانگ>: «إن الماء هناك أنظف أيضا.»

لا أحد من تجار السمك يذكر المخاطر البيئية، وعندما نسألهم عن ذلك، يقولون إن الحفاظ على الحياة البرية ليس بتلك الأهمية لزبائنهم. وللعلم ثمة مناطق أخرى تقوم الآن بتجريب النظام IMTA. وهناك، على طول الشواطئ القريبة من مدينة داليان وباتجاه الجنوب نحو خليج سانگو[3]، مساحات شاسعة من مزارع أعشاب البحر تستخدم بعض عناصر هذه التقنية على مستويات مترامية الأطراف ومتجانسة، ولكنها



مزارعون في بحيرة لوهو يغذون أسماك الماندرين[4] التي يربونها بعد أن ضاقوا ذرعا بأسماك الشبوط التي تلوث الماء.

بالتأكيد، أقل تنوعا حيويا. ولتلبية المطالب الهائلة في الصين الجائعة، لا بد من أن يقوم أصحاب المزارع المائية البحرية بتوسيع مثل هذه النماذج إلى أبعد من ذلك بكثير.

بحيرات وبرك أنظف[*]

قد تهيمن مئات الآلاف من قوارب الملاحة البحرية في الصين على السوق العالمية، ولكن، ليس جميع المأكولات البحرية تهيمن على السوق الاستهلاكية المحلية في البلاد. إذ لا يزال أكثر من 70 في المئة من الأسماك المستهلكة في الصين هو البحيرات والأنهار. وثمة مخاوف حديثة عن تلوث المياه العذبة جعلت أصحاب بعض المطاعم يشعرون بالقلق تجاه الأسماك التقليدية. ومن ثم، فإن أي محاولة لكبح تأثير الصين في البحر سيتطلب إعادة الثقة بمزارع أسماك المياه العذبة. وهناك الآن شبكة من العلماء يحاولون تحقيق ذلك على طول البلاد وعرضها في أهم مناطق تربية الأسماك بالصين.

وتتضح أهمية تربية الأحياء المائية في الصين حول نهر يانگتزي[5] بمجرد الهبوط إلى منطقة ووهان[6]، على بعد 500 كيلو متر من شنگهاي باتجاه منبع النهر. وهي مركز أكبر منطقة لتربية الأسماك في الصين، كأكبر بلد مربٍ للأسماك في العالم. فقد تم حفر كل سنتيمتر مربع من الأراضي غير المستخدمة حول المطار وتحت الجسور وبمحاذاة الطرق السريعة وعلى مدى النظر؛ ليصار إلى ملئه بالماء وزرعه بالأسماك.

يقول <Sh. إكسي> [وهو باحث من الأكاديمية الصينية للعلوم]: «انظروا إلى اليسار،» حيث تقع عيوننا على ما يبدو على خطوط لا

(*) CLEANER LAKES AND PONDS
(1) Dalian
(2) أو: كشك.
(3) Sanggou Bay
(4) the mandarin fish
(5) the Yangtze River
(6) Wuhan

متناهية من البرك، «هذا هو سبب تسميتنا لمقاطعة هوبي[1] بأرض الألف بركة».

إن نحو 400 18 كيلومتراً مربعاً من مساحة الصين، أي ما يعادل تقريبا مساحة نيوجرسي، هي برك سمكية. ومع أنه قد يكون من الصعب تصوّر ذلك بالنسبة إلى الأمريكيين، إلاّ أن الخبراء الصينيين يقولون إن خُمس حاجة العالم إلى البروتين الحيواني تأتي من أسماك المياه العذبة، نصفها من هنا، في قلب الصين على طول نهر يانگتزي.

ولكن عناوين أخبار هذه الأيام حول التلوث المستشري في المياه والأغذية قد زعزعت ثقة المستهلك بأطعمة البرك التقليدية **كسمك الهر**[2] و**الشبوط**[3]. ويقول <سييه>: «إن هذا مثار سخرية، إننا نتتبع الأسماك (في البرك) خلال جميع مراحل حياتها، بينما في حال الأسماك البرية فلا أحد يقتفي أثرها أو يعرف ما هي الملوثات التي تصادفها.»

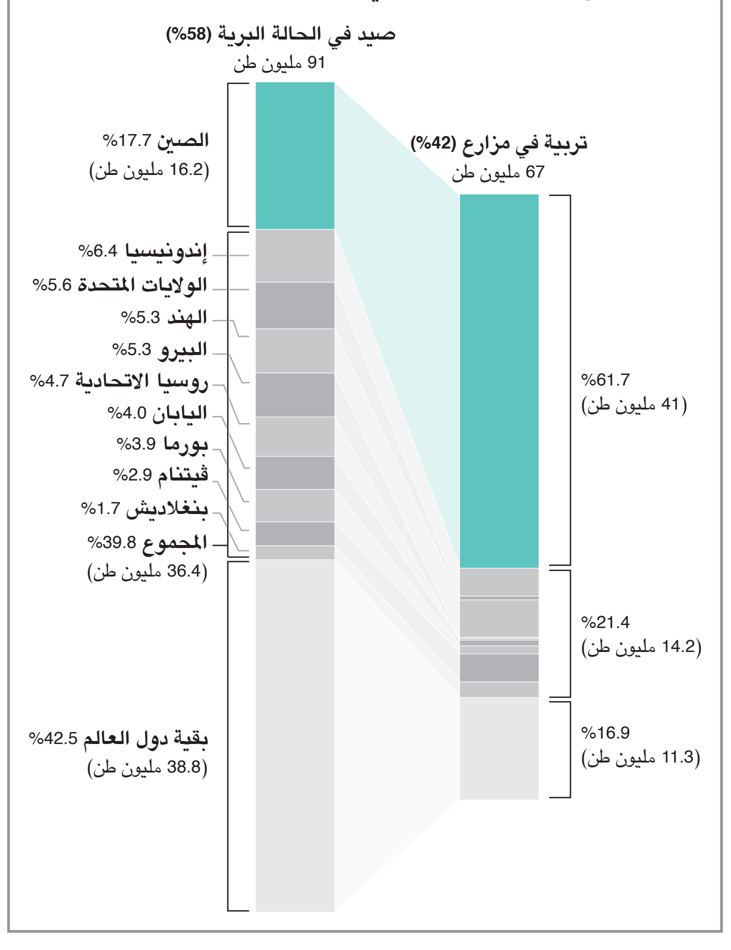
ومع ذلك، ليست مزارع المياه العذبة التقليدية مستدامة تماما. وتعود زراعة الأحياء المائية في الصين إلى الفيلسوف الصيني <F. لي> الذي عاش في القرن الخامس قبل الميلاد، وكان سياسيا ومستشارا للملك <J. وييه> القوي الشكيمة. فبعد حياة مهنية عسكرية ناجحة، تقاعد <لي> في بلدة ووكسي[4] في الجانب المحاذي للبحيرة، وهناك كتب أول دليل عالمي لتربية الأحياء المائية. ويتضمن كتيبه المؤلف من 400 كلمة صينية تفاصيل حول عدد أسماك الشبوط التي يمكن البدء بها، وأنسب الفصول للزراعة وتوصية لتربية السلاحف لدرء خطر «تنين الفيضان.»[5]

لقد استثمرت الممارسات القديمة لآلاف السنين في العمل على برك صغيرة جنبا إلى جنب مع مزارع أرضية حافظت على مياه نظيفة وأسماك صحية. ولكن بدءا من ثمانينات القرن العشرين أخذت هذه الصناعة بالتحول إلى برك صناعية كبيرة مترامية الأطراف.

لائحة الصدارة[7]

أكبر منتجي الأسماك في العالم(*)

تعتبر الصين إلى حد بعيد أكبر منتج للأسماك والقشريات والرخويات في العالم كمأكولات بحرية تستخرج من المحيطات والبحيرات والأنهار. ففي عام 2012 (أحدث البيانات المتوفرة)، أنتجت الصين 17.7 في المئة من المأكولات البحرية التي تم صيدها على الحالة البرية (العمود الأيسر، أدناه)، أي ما يعادل تقريبا ثلاثة أضعاف الكمية المنتجة من قبل البلد الذي يليها في القائمة (إندونيسيا). والأكثر دهشة هو أنها أنتجت 61.7 في المئة من الأسماك من مزارع مائية عذبة ومالحة (العمود الأيمن). وإذا ما أريد للمصايد الطبيعية أن تدوم، وهي في طور الانقراض الآن، فإنه يتعين على الدول وعلى رأسها الصين تربية المزيد من الأسماك.



ومع النمو الكبير لصناعات أخرى، سَبَّب هذا التحول تلوثا شديدا. وفي عام 2007، تطور الوضع إلى حالة كارثية مع النمو الهائل للطحالب في بحيرة تاي هو[6]، وهي الموطن الأسطوري لـ<لي>. ويقول <سييه>: «نظرا لأن مصدر معظم مياه الصنابير في منطقة ووكسي هو بحيرة <تاي هو>، فإن المواطنين لم يستطيعوا شربها لأنها أصبحت سوداء، وعند الاستحمام بها تفوح منها رائحة سيئة للغاية.»

وفي عام 2007 كانت حركة الأمواج السوداء بمثابة ناقوس الخطر لإيقاظ الصين. ومنذئذ لم يعد بمقدور الناس الثقة بالماء الذي يشربونه أو السمك الذي يأكلونه. ومع أن مشكلة الطحالب لم تنجم بالدرجة الأولى عن مزارع السمك، إلا أن تلك الحادثة أسهمت في دفع أصحاب المزارع المائية في الصين إلى التركيز على الإنتاجية العالية التي تحافظ على

(*) The Biggest Fishmonger
(1) Hubei
(2) catfish
(3) carp
(4) Wuxi
(5) the "flood dragon"
(6) Tai Hu
(7) أو: قائمة التصنيف.



زوج وزوجته يقومان بتسميد البركة التي يديرانها قرب ووهان. ويحاول العلماء مساعدة آلاف العائلات على إدارة أحواضهم السمكية بطريقة أكثر استدامة، وهو أمر حيوي لتلبية الطلب المتزايد على الأسماك في الصين.

البيئة. ويعمل الآن بعض الناس، مثل «سييه»، على الحفاظ على ماء نظيف مع زيادة المردود في الوقت نفسه.

عملية توازن[*]

إن جميع الأنظمة البيئية في المياه العذبة تكون في حالة تذبذب مستمر بين كميات وافرة ونادرة من المغذيات. ففي البحيرات الكبرى، على سبيل المثال، تنمو أنواع حية غازية تستنزف المدخرات الغذائية وتجعل الماء صافيا غنيا بالأكسجين ولكن لا حياة فيه. وبالمقابل، هناك الكثير من المغذيات في بحيرة يانگتزي، كالنيتروجين والفوسفور، والقليل جدا من الأكسجين، ونتيجة ذلك هي مياه خضراء داكنة مأهولة فقط بالكائنات القادرة على النمو في بيئة فقيرة بالأكسجين ألا وهي **الطحالب**[1].

لقد كانت المغذيات الخارجة والداخلة إلى كثير من المزارع السمكية في حالة توازن طبيعي لقرون خلت. ولكن في السنوات الأخيرة بدأ ذلك التوازن بالاختلال. ويعود جزء من هذه المشكلة إلى التلوث، ولكن السبب الآخر هو الزراعة المائية نفسها. ويعتبر سمك الشبوط أحد أكثر الأسماك شعبية في الصين، وهو أحد العوائل السمكية التي تنمو وتزدهر بسرعة بالتغذية بكل شيء تقريبا، من الطحالب إلى مخلفات مياه الصرف الصحي. وتطرح أسماك الشبوط مخلفات غنية بالنتروجين تستقر في التربة، ويعتبر هذا النوع من المخلفات، إضافة إلى أسمدة الزراعة السمكية، غذاء جيدا للطحالب التي تنمو بكثافة حاجبة ضوء الشمس عن النباتات التي يمكن أن تنتج الأكسجين. وتستمر هذه الدورة إلى أن يصبح القليل جدا من الأنواع الحية في البحيرة قادرا على النمو باستثناء أسماك الشبوط والطحالب. وقد زادت كمية الطحالب في إحدى بحيرات مقاطعة هوبي بمقدار 20 ضعفا وانخفضت فيها الرؤية بمقدار النصف خلال عقد من النمو السريع.

لقد كنت أتأمل ذلك وأنا أتجول في قارب سباق صغير على ضفاف بحيرة ليانگزي[٢] التي كانت صامتة بشكل مخيف، ولم أستطع التمييز ما إذا كانت الطبقة التي تعلونا هي غطاء غيمي منخفض أو ضباب دخاني. وكان الماء ساكنا تماما ومُخضرّا كما لو أنه بساط ضخم من حساء بازلاء هَشٍّ.

ومنذ عشر سنوات مضت، كانت هناك العشرات من الأقفاص (أو **الحظائر**[٣] السمكية)، كل منها مليء بأسماك الشبوط التي تكدست على طول الشاطئ وكانت مخلفاتها تقتل كل شيء في البحيرة. وقد طلبت الحكومة المحلية إلى جامعة ووهان المساعدة على إعادة هيكلة الزراعة المائية في البحيرة، وهي أكبر ثاني مزرعة في المقاطعة. وقد أدرك «G. ليو»، زميل «سييه» في الأكاديمية الصينية للعلوم، أن تركيز المخلفات في البحيرة كان يغذي نمو الطحالب فيها.

أما اليوم، فقد اختفت جميع تلك الأقفاص ويقوم مربو الأسماك بإدارة البحيرة بالكامل كما لو أنها نوع واحد فقط من الأقفاص، تاركين الغريزة[٤] تقود الأسماك. كما اختفت أيضا معظم أسماك الكارب. ويتركز اهتمام المزارعين والخبراء على تربية الأسماك ذات الجودة العالية كسرطان البحر والماندرين[٥]، والتي تلوث أقل ولكنها تقلل أيضا عدد الأسماك في البحيرة. وقد زرعوا شاطئ البحيرة ببعض النباتات التي تعيد الأكسجين إلى الماء.

ويقوم المزارعون مرة واحدة في السنة بتجميع الأسماك في إحدى زوايا البحيرة لاصطيادها بالكامل. وكما هي الحال في داليان، ليست هناك حاجة إلى مخصبات أو أعلاف مكلفة من شأنها أن تزيد أعباء التغذية. ومع وجود مساحة أكبر للسباحة، فإن الأسماك قلّما تتعرض للأمراض. والمدهش هو أن الحجم الصغير لا يؤثر في الناتج النهائي.

(*) BALANCING ACT
(١) Algae: أو حشائش البحر.
(٢) Liangzi
(٣) Pens
(٤) أو: الطبيعة.
(٥) mandarin

ويقــول ‹J. F.› دينگ› [مدير إحدى الشــركتين اللتين تديران البحيــرة]: «إن الربح هنا أفضل ممــا يمكن الحصول عليه من تربية الأسماك في برك. إنه عمل بسيط للغاية، لأن كل ما نقوم به هو حراسة البحيرة فقط وضمان ألا يسرق أحد السمكَ منها.»

وعلى أية حــال، فالكميات القليلة من الأســماك لن تلبي الطلب المتزايد عليها. وإن البحيرة ليســت نقية بل عكرة، ولا يزال فيها الكثير من الطحالب. ولكن نوعية الماء قد تحســنت وارتفع فيها مستوى الأكسجين وانخفض مستوى النتروجين، كمــا أن النباتات المائيــة بدأت بالتكاثر على طول الشــاطئ والرؤية تتحسن تدريجيا.

وثمة مشــاريع مشــابهة لإصلاح بحيــرات أخرى كبيرة وطبيعيــة في المنطقــة، ولكنها لا تزال قاصرة بســبب وجود آلاف البرك الصغيرة، كل منها بحجم ملعب كرة قدم، غامرة الريف المحيط بهــا. وتنتج هذه البرك العائلية كمية كبيرة من الطعام في الهكتار الواحد وتسهم فعليا في تغذية الناس. إلا أن الحفــاظ على مياه نظيفة وأســماك صحية من خلال هذه الإجــراءات المحلية يعتبر تحديا كبيــرا. ولذا يعكف الخبراء على ابتكار طرق منخفضــة التقنية لتأمين منتج صحي أكثر وأكثر استدامة، إضافة إلى الاهتمام بمشاريع أكبر.

كان ‹C. ســييه› (لا صلة له بـ‹Sh. ســييه›) [الأســتاذ من الجامعة الزراعية في هيواز هونج[١]] في طور تجريب ما يسمى **بالجزر الطافية**[٢] لتنقية الماء. وفي وقت مبكر من صباح أحد الأيام، قادني إلى إحدى برك تلك التجربة قرب بلدة گونگان[٣] الصغيــرة، حيث كانت توجد على ســطح الماء ســتة إطارات بلاســتيكية بيضاء مليئة بسبانخ الماء. وكانت الإطارات تبدو، إلى حد ما، **كأصوص**[٤] عملاقة طافية. وقد أمضى ‹ســييه› عدة سنوات في دراسة الكيفية التي تتفاعل بها النباتات المائية مع محيطها، واستقر رأيه في نهاية المطاف على استخدام هذا النوع (سبانخ الماء) لأنه ينمو بسرعة مكونا شبكة عريضة من الجذور ومســتهلكا كميات كبيرة من المغذيات. ويقول ‹سييه› إنه باســتخدام بضعة **مغــارس**[٥] طافية فقط خلال الأشــهر الثلاثة الماضية، انخفضت مســتويات الأمونيا في الماء بنسبة الثلث. (الكثير من الأمونيا يقتل السمك.)

ويقول ‹Y. Ch. سو› [أحد مربي الأسماك الذين يعملون في البرك]: «لقد تحسنت نوعية الماء وأصبح أنقى، ولم يعد هناك الكثير من الأسماك النافقة كما في العام الماضي.»

وقد اصطحبنا نجل ‹سو› في قارب خشبي نحو الأقفاص السمكية واقتلع ‹سييه› بيده بضع قبضات من السبانخ. وقد بــدت الإطارات البلاســتيكية التي يبلغ حجــم أحدها تقريبا ضعفــين أو ثلاثة أضعاف حجم حوض اســتحمام من طرف إلى طرف، طافيةً على الســطح وليست راسية[٦]. وتبلغ تكلفة إنشــاء هذه الأقفاص نحــو 150 دولارا، ولكــن يتم تعويض هذه التكلفة خلال ســنة واحدة فقط إذا استطاع المزارع بيع محصول السبانخ كمحصول عضوي. وفي مطعم قريب، كان أحد الطباخين يطهو أوراق الســبانخ علــى البخار كنوع من المقبلات[٧] المالحة، مضيفا إليها بعض المكســرات ليقدمها مع الكثير من الأطباق المحضرة من أسماك المياه العذبة المتنوعة. ولم أكن معتادا على مذاق أسماك الشبوط أو عظامها الصغيرة، ولكن السبانخ كانت لذيذة والتهمتُها بسرعة.

يقــول ‹ســييه›: «إن هــذا الخليط من المنتجــات هو أمر أساســي.» إذ ينبغــي أن تنعكس فوائــد الإصلاحات على البيئــة والمــزارع معا، وعلى الخبراء العمل بشــكل وثيق مع الســكان المحليين. وقد حققت صناديق زراعة الســبانخ هنا كلا المعيارين. ويقول مزارعون محليون إنهم يخططون لتغطية 5 في المئــة على الأقل من البرك بهذه الصناديق. وهناك الآن عمال منهمكون على إنشاء المزيد منها على طول الشواطئ.

لقد أصبحت النباتات والحيوانــات المائية قضية مركزية فــي جهود الصين لتنقية مياههــا. فبعد طفرة الطحالب[٨] في ووكسي عام 2007، كثّف الخبراء جهودهم لاستثمار **الأراضي المشبعة بالماء**[٩] بمزارع سمكية. وقد بدأت الأكاديمية الصينية بتمويل عدة مشاريع على طول نهر يانگتزي لتربية قواقع المياه العذبــة، و**اللوتس المائي**[١٠] وعشــرات النباتات والحيوانات المائية الأخرى لمكافحة التلوث في المياه.

وعلى ســبيل المثال، فإن بحيرة جي هو[١١] خالية اليوم من أي قفص ســمكي، وهــي مغطاة بزنابق مائيــة مزروعة على مســاحة 2.6 كيلومتر مربع لمكافحة التلــوث. وبالقرب منها، هناك مزرعة ويو گينگ[١٢] للزراعة المائية، وهي مجمع مترامي الأطراف مــن البرك الصناعية، منهــا 30 في المئة مخصص لنمط مشابه لترشيح[١٣] الأراضي الرطبة.

وهناك سلسلة أخرى من البرك الملحقة ببحيرة لوهيو[١٤]

التتمة في الصفحة ٩١

(١) Huazhong
(٢) floating islands
(٣) Gong'an
(٤) Window box: وعــاء تزرع فيه نباتات ويوضع عادة على عتبة النافذة أو في المنازل (المفرد أصيص، والجمع أصوص).
(٥) planters
(٦) أو: مربوطة.
(٧) dressing
(٨) النمو السريع لها.
(٩) wetlands: أراضٍ رطبة أو مشبعة بالماء.
(١٠) lotus: نبات مائي مزهر.
(١١) Ge Hu
(١٢) Wu Jing
(١٣) أو: تنقية.
(١٤) Luhu lake

مستقبل **الطب** 2015

عجائب صغيرة[*]

يخترع طب النانو طرقاً جديدة لمحاربة السرطان وشفاء الجروح وتوجيه الأدوية إلى داخل الخلايا.

<ل. فيشمان>[1]

يبلغ قطر **جزيء الدنا** DNA، الذي يحمل **مخططاً تفصيلياً** blueprint لعمل الخلايا مدى الحياة، نحو $2.5(10)^{-9}$ م. والعلماء الآن قادرون على ضغط جزيئات بهذا الحجم وفكّها وبنائها، فضلا عن تكوين الأدوات التي تستكشفها بدقة لم يسبق لها مثيل. وتقود هذه المهارات، التي تَمَّ اكتسابها من خلال العمل الجاد في العقد الماضي، إلى أدوية جديدة وطرق حديثة لتشخيص الأمراض. وفي هذا التقرير الخاص، تستكشف مجلة ساينتفيك أمريكان ما الذي يقدمه لنا الآن **طب النانو** nanomedicine وما سيأتي قريبا؛ وما الذي يمكن أن يحمله المستقبل.

وبؤرة التركيز الرئيسة الآن هي العلاج الكيميائي، والأدوية التي يمكن أن تنزلق إلى داخل الأورام بسبب بنائها الدقيق تُبدي نجاحا في الحالات التي تفشل فيها الأدوية الأخرى مع المرضى [انظر: «أدوية السرطان تضع بصماتها،» في الصفحة ١٤]. والاختبارات التشخيصية تستغل الحجوم الصغيرة أيضا من خلال استخدام مسابر من جزيئات دنا ذات شكل غير اعتيادي يمكنها (المسابر) اكتشاف السرطان بدقة كبيرة. ومن ثم، سيكون المرضى في المستقبل القريب قادرين على استخدام الضمادات الذكية المصنوعة من جزيئات نانوية الحجم التي تعزز شفاء الجروح الوخيمة أو تُشعر الأطباء بالأماكن التي لم يحدث فيها الشفاء بعد [انظر: «ضمادٌ أذكى،» في الصفحة 17]. وأكثر من ذلك، يأمل الباحثون بأن يتمكنوا، مع مرور الوقت، من ربط **مُحرِّكات جزيئية فائقة الدقة**[2] بالأدوية لتقودها وتوجهها حتى تصل عبر مجرى الدم إلى أهدافها [انظر: «إطلاق الإنسالات النانوية!» في الصفحة 20]. وهذه هي مفاخر الهندسة النانوية التي لا تُرى بالعين المجردة، ومع ذلك قد يكون لها تأثير كبير في الصحة.

(*) SMALL WONDERS
(١) Jush Fischman من كبار محرري مجلة ساينتفيك أمريكان.
(٢) tiny molecular motors



طب النانو الآن
أدوية السرطان تضع بصماتها(*)

ناقلاتٌ فائقة الدقة توصل المزيدَ من الأدوية إلى الأورام وتُقلل الآثار الجانبية.

<D. F. مارون>

المؤلفة
Dina Fine Maron
محررة مشاركة في مجلة ساينتفيك أمريكان.

يلعب السرطان لعبةَ القط والفأر المميتة في الجسم، والأدوية المرسلة لمعالجته غالبا ما تكون الخاسرة، وكذلك حال مريض السرطان. فهذه الأدوية تعاني مشكلة التمييز بين الخلايا الورمية والسليمة، وقد تُسقط حمولتها على الخلايا السوية لتسبب تأثيرات جانبية بغيضة وتترك خلايا السرطان القريبة من دون تأثير. والخباثات قد تتلقى أيضا المساعدة من سلاح دفاع الجسم الخاص، الجهاز المناعي، الذي غالبا ما يخطئ في التمييز بين الأدوية المضادة للسرطان والبكتيريا الضارة أو غيرها من الغزاة الغريبين عن الجسم فيقوض هذه الأدوية ويبطل مفعولها، حيث تحال القطع المحطمة إلى أواني نفايات الجسم في الكبد والكلى والطحال قبل أن تصل إلى هدفها المقصود (الخلايا السرطانية). وحتى عندما تستطيع الأدوية الوصول إلى الورم، فالعديد منها يقع في شَرَك الكتلة الخبيثة الكثيفة ضعيفة النمو؛ فيفقد قدرته على اختراق الورم بالكامل.

وتسمح التطورات الحديثة في طب النانو الآن للأدوية باجتيازٍ أفضلَ لهذا الشرك وضرب الأورام حيث تعيش. والمفتاح هو ناقل الأدوية التصنيعي الفريد ملفوفا بغلاف خارجي حِمائي، الذي ينقل أدوية العلاج الكيميائي عبر الجسم. وضبطُ فائق الدقة للمكونات التي تبنى منها هذه النواقل، التي يمكن أن يكون قطرها فقط بضعة أجزاء من البليون من المتر، سمح للعلماء بتكوين بنى متخصصة يمكنها، من بين الأمور الأخرى، أن تُفلت من إنذارات الجهاز المناعي. وقد قام باحثون مثل <K. كاتاوكا> وزملاؤه [من جامعة طوكيو] بإقحام أدوية العلاج الكيميائي الفعالة ضمن أغماد بحجم ڤيروس التهاب الكبد C، وهي أصغر بنحو 200 مرة من كرية الدم الحمراء. وعلى المستوى الجزيئي، تبدو تلك الأدوية مشابهة كثيرا لأشياء يُكوّنها الجسم. ولهذه المركبات ميزة إضافية تتمثل بقدرتها على الانزلاق إلى الأورام وخلاياها مُتجنبة الخلايا السوية.

قدَّم فريق <كاتاوكا> عدة صيغ من ناقلات الأدوية النانوية بدأت تَشق الآن طريقها عَبر المراحل النهائية للتجارب الطبية في آسيا، ويختص كلُّ منها بحمل نوع مختلفٍ من الأدوية واستهدافِ نوع مختلفٍ من الأورام. وقد قادت الأدوية في هذه النواقلَ الجديدة إلى إبطاء تقدم المرض أو عكسه عند المصابين بسرطان الثدي أو البنكرياس. وما زال **جسيم نانوي** nanoparticle آخر في المرحلة الثانية من التجارب الطبية في الولايات المتحدة. ويقول <كاتاوكا>: «مع علمٍ كهذا، تستغرق المراحل الأولية وقتا، لكنني أعتقد أن الآمال بدأت بالظهور في هذا المجال»، ويتابع: «ستكون سرعة التطوير أسرع كثيرا في السنوات الخمس القادمة.»

(*) CANCER DRUGS HIT THEIR MARK

باختصار

من مشكلات **أدوية العلاج الكيميائي** وصولها إلى الخلايا المستهدفة. فالجسم يهاجمها، ولا تخترق جيدا الأورام، فضلا عن أنها غالبا ما تهاجم الخلايا السليمة بدلا من الخلايا السرطانية.

ومن خلال تصنيعهم **قذائف دوائية** drug shells **ذات حجم نانوي** nanoscale، ابتكرَ العلماء أدويةً تتفادى هذه المشكلات.

وضبط فائق الدقة لمكونات هذه القذائف يُمكّن الباحثين من ابتكار أدوية تتسلل من إنذارات الجهاز المناعي لتستقر في خباثات.

وقد وصلت **هذه الأشكال من المداواة** إلى المراحل الأخيرة من التجارب الطبية. وقيد التطوير أيضا **جسيمات نانوية** nanoparticles، لا لتكون مكوكات ناقلة فحسب، بل لتتمكن أيضا من إيقاف ذاتي لجينات مسببة للسرطان بنفسها.

الدواء النانوي، بتصميمه وغطائه الحِمائي، أكثر قابلية للوصول إلى الأورام دون تخريبه من قبل الجسم.



أدوية مُموّهة(*)

ليس اســتخدام التقانة النانوية مع أدويــة العلاج الكيميائي فكرة جديــدة. فأدوية مثــل **الأبراكســان** Abraxane **لنقائل سـرطان الثدي**[(1)] و**إيليكارد** Eligard لســرطان البروســتات المتقــدم، والموجودة الآن في الأســواق، هي **أدويــة نانوية** nanodrugs. لكــن هذه المواد الصيدلانية تهاجم بعض الأورام فقــط، وبالتالي فالمزيد مــن العلاجات مطلــوبٌ. والتطورات اللاحقة في الهندســة ســمحت للعلماء بتكوين بنية النواقل النانوية، بحيث تعمل بدقة أكبر ضد عرض أوسع من أمراض الســرطان. ويبدو أن **العلاجات النانوية** the nanotherapies الخاضعــة للتجريب الآن – عبر حقنها وريديا – أكثر فاعلية في إزالة الأورام.

وأغلب هذه العلاجــات النانوية الأحدث يُغلف لبا يحتوي على الدواء ضمن غمد ناعم مرصع **بالگليكول عديد الإيثيلين** polyethylene glycol، وهــي مادة صناعيــة تقوم بدور عاملٍ حاجب. وهذا الحاجب هو غطاءٌ من جزيئات ماء تجذبها **مادة الغمد** the sheath material فتحيطه بســائل الجسم المشترك. ويساعد الماء على إحصار الشحنات الكهربية للجزيئة والتي تنذر الجهاز المناعي، وإلا فإنها ستنذره بوجود مادة غريبة.

وتغطــي **الدارئــة** the buffer الســائلة أيضــا حــواف **الجســيمات النانويــة** the nanoparticles، فتجعلهــا ملســاء جــدا لتؤمــن نجاتها من أي مــن الحراس التابعــين للجهاز المناعي كالأضداد. ويساعد حجم الجسيمات النانوية أيضا، وهــو أكبر إلى حد ما من أدوية العــلاج الكيميائي التقليدية، على ضمان عدم تحطيمها ســريعا من قبل إنزيمات الجسم. ومقاومة **التقويض**[(2)] هذه تمنح الدواء وقتا أكبر للوصول إلى الورم والقيام بعمله. فعلى ســبيل المثال، إن أول دواء مرخص **للمعالجــة النانوية** nanotherapy للسرطان، واسمه **دوكسيل** Doxil، لــه **عمر-النصــف**[(3)] half-life في مجرى الدم يســمح لــه بالبقاء لــمدة أطول كثيرا من نظيره المســتخدم في العلاج الكيميائي التقليــدي، وهو **الدوكسوروبيســين** doxorubicin (كلاهما يُستعملان في معالجة سرطان المبيض). وبتصميمه وغطائه الوقائي، فإن الشكل ذا الحجم النانوي يمتلك الفرصة الأفضل للوصــول إلى الأورام من دون أن يُحطّمه الجســم. والقوام المرن الأملس للأدوية الأحدث من نمط القذائف النانوية يسمح لها أيضا بتخطي إحدى العقبات النهائية: النظام البيئي الشاذ الكثيف للنسيج الخبيث الذي يمكن أن تعلق فيه الأشياء الأكثر قساوة.

ويقبع الســلاح النهائي للجســيمات النانوية الجديدة في أعماقهــا الداخلية. فاللب المحتوي على الدواء يمكن أن يتحطم بالحمض، ولذا فهو سيتحلل بسهولة ويحرر شحنة الأدوية التي يحملها فقط عندما يترك البيئة المعتدلة للدم ويصل إلى مقصده الورمي الذي يحتوي على مستويات حمضية أعلى بكثير.

ولتوجيه أفضــل للنواقل النانوية نحو الســرطان وبعيدا عن الخلايا الســوية، يحاول علماء آخــرون إضافة بقع إلى سطوحها الخارجية تحمل جزيئات مختارة من الأضداد التي تنجذب إلى بروتينات تكون عادة غزيرة على خلايا السرطان. وبروتينٌ مثل **مستقبل عامل النمو البشروي** EGFR هو مثال على هذه البروتينــات، وقد قام .D. هو [المهندس البيولوجي مــن جامعة كاليفورنيا في لوس أنجلــوس] بتجارب تمهيدية نشــرت عام 2013 في مجلــة Advanced Materials، وأظهرت هذه التجارب إمكانية تغليف الجســيمات النانوية بالأضداد

(*) DRUGS IN DISGUISE

(1) metastatic breast cancer

(2) degradation

(3) الزمن الذي يستغرقه نصف كمية مادة مشعة ممتصة من نسيج حيّ أو من كائن حي كي تضمحل هذه المادة بشكل طبيعي هو ما يسمى عمر-النصف البيولوجي.

تَتبُّع المرض

تعليمة للسرطان(*)

جسيمات كروية تشخيصية من **دنا** DNA تبحث عن الخلايا الخبيثة وتعلمها.

<ل. A. كريش>

السرطان يسافر! فالأورام الكبيرة تنفصل عنها خلايا تتحرك عبر الجسـم لتبذر خباثات جديدة. ويحاول العلماء الآن تحسـين القياس النانوي لبناء جسـيمات كروية غير اعتيادية مصنوعة من **دنا** DNA – جزيء مشـهور بشكله الآخـر، الحلز المضاعـف – يمكنها إيجاد هـذه الخلايا الورمية وتعليمها وقتلها فعلا.

وتشـبه هذه الجسـيمات الكروية قليلا المسواكَ العالق في كرة صغيرة من **السـتايروفوم (البوليسـترين القابل للتمدد)** Styrofoam؛ والمسـواك هو فعليا حشـدٌ كثيفٌ من سلاسل مفردة من الدنا تبرز من اللب المركزي. ويتم اختيار سلاسل الدنا هذه بناءً على قدرتها على الارتباط بدنا مُتمم في خلايا السـرطان. وعندما تتشـكل الرابطة، فهي تزيح جزيئات دقيقة مصدرة للضوء ملتصقة بنهايات الدنا ضمن الجسـيم الكروي، فترسـل بشكل أساسـي **تعليمة** flare ضوئية تشير إلى وجود سرطان. وتتناسب شدة الضوء مع نسبة الدنا السرطاني، كما يقول <A .Ch. مِركِن> [الكيميائي ومديـر المعهـد الدولي للتقانـة النانوية مـن جامعة نورث ويسترن] الذي قاد البحث.

وتحدث هذه اللقاءات في عينة دم مريض. وعندما تدخل هذه الجسـيمات إلى الخلية، تتحرك خلال مسـامات في غشـاء الخلية إلى داخلها. ولأن الجسـيمات الكروية ذات مساحة سطحية أكبر من الأشكال الأخرى، فإن فرصة الدنا التي تشـكل الحافة الخارجية في مصادفة دنا السـرطان والارتبـاط به أكبر كثيـرا من فرصة السلاسـل المعزولة. «وترتبط الحمـوض النوويـة الكروية بالحمـوض النووية الأخرى بقوة أكبر بنحو 100 مرة،» حسب قول <مِركِن>.

ويجري الآن استخدام **جسـيمات** <**مِركِن**> **الكروية** Mirkin's spheres، التي تدعى أيضا **التعليمات النانوية** Nanoflares، في مستشفيات للتشخيص السريع للسرطان. وتصطـاد أنظمةٌ أخـرى خلايا الورم الميتة اسـتنادا إلى بروتينـات علـى سـطوحها الخارجية، ولكـن، ولأن هذه الجسـيمات الكروية تُميز الخلايا الحيـة، وفق <مِركِن>، فعلـى العلماء اختبـار طريقة اسـتجابة الخلايا لمختلف الأدوية وتصميم معالجات شخصية استنادا إلى النتائج.

<**كريش**> Joshua A. Krisch كاتب علمي من مدينة نيويورك.

التي ترتبط بتلك البروتينات.

ويمكن أيضا بناء الجسيمات النانوية للعمل كأدوية فعلية، وليس كمجرد ناقلات لإيصال الدواء. وقد قام علماء في جامعة نورث ويسـترن بابتكار جسيمات نانوية مصنوعة من وهدات مـن الذهب مرتبطة بمادة جينية – **رنا** RNA – منتقاة لقدرتها على كبت التعبير عن الجينات المسـببة للسـرطان. وبسـبب صغـر حجم الجزيئـات، وعوامل أخرى بانتظـار تحديدها، يمكـن للجسـيمات النانوية الذهبية المرصعـة بالرنا اختراق أحد الأماكن المعروفة بصعوبة وصول الأدوية ألا وهو الدماغ. فقد ذكر الباحثون في الشـهر 2013/10 أنه يمكن للجسيمات النانوية أن تعبر الحاجز الدموي الدماغي في الحيوانات، وهو شـبكة دقيقة من الأوعية الدموية الصغيرة، للمسـاعدة على قتال الأورام الدماغية. وقد أحدثت هذه الطريقة انكماشـا في الحجم الإجمالي للورم عنـد القوارض، ولكنها لا تزال تموت من السرطان، كما يقول الباحث <A. ستيگ> [من جامعة نورث ويسـترن] ويضيف: «ما زالت قيدَ الاستكشاف الآليةُ الدقيقة لضبط هذه التقنية لجهة عبور الحاجز الدموي الدماغي. ومن المحتمـل أن بنية الجسـيمات ترتبط بجزيئات مسـتقبلة على سـطوح خلايا الأوعية الدموية، فتساعد هذه المستقبلات على سحبها إلى الداخل.»

ولا تزال أنواع أخرى من الجسـيمات النانوية المصنوعة من الحموض النووية قيد الدراسة كمسابر يمكنها اكتشاف خلايا السرطان التي تجول في دم الإنسان [انظر الإطار في يمـين هذه الصفحة]. ويقـود <A .Ch. مِركِن> [الكيميائي من جامعة نورث ويسـترن] هذا المشروع، ويقول إن البحث قد يؤدي إلى جسـيمات نانوية تحمل مواد كيميائية للتشخيص وأدويـة للعـلاج – رزمة هائلـة قد تتمكن مـن إزالة خلايا سـرطانية يصعب الوصول إليها قبل أن تنتشر إلى أماكن جديدة في الجسـم. ولن يكون ابتكار هـذا النوع من القوة فائقة الدقة بالأمر الهيِّن.

(*) A Flare for Cancer

مراجع للاستزادة

Nanoparticle PEGylation for Imaging and Therapy. Jesse V. Jokerst et al. in *Nanomedicine*, Vol. 6, No. 4, pages 715–728; June 2011. www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3217316

Nanomedicine: Towards Development of Patient-Friendly Drug-Delivery Systems for Oncological Applications. R. Ranganathan et al. in *International Journal of Nanomedicine*, Vol. 7, pages 1043–1060. Published online February 23, 2012. www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3292417

Progress of Drug-Loaded Polymeric Micelles into Clinical Studies. Horacio Cabral and Kazunori Kataoka in *Journal of Controlled Release*, Vol. 190, pages 465–476; September 28, 2014.

طب النانو قريبا

ضمادٌ أذكى[*]

لن تكون المواد الجديدة مجرد غطاء بسيط للجروح، إنها ستنذر الأطباء بالمشكلات فيها وتوصل الأدوية إليها.

<M. پيپلو>

لقد عولج جيدا الجنود المصابون بعد عودتهم من القتال في أفغانستان؛ ففي مركز سان أنطونيو الطبي العسكري بتكساس، قام الجراحون بتطعيم نسيج سليم بعناية فائقة على حروقهم وجروحهم باستخدام **جراحة مجهرية** microsurgery لوصل أوعيتهم الدموية بالجلد الجديد. لكن المرضى ما زالوا يواجهون عدم يقينية التحسن، فالأوعية قد لا تزود الأكسجين بما يكفي لنجاح الطعوم.

وعندما زار <C. إيڤانس>[1] سان أنطونيو في عام 2010 ورأى هؤلاء الجنود، أدرك أن التقنيات التقليدية لمراقبة مستويات الأكسجين لم تعمل بشكل جيد جدا، وأنها غالبا ما أخفقت في إعطاء تحذير كاف عند فشل الطعم. ويقول <إيڤانس>: «ما فعله هؤلاء الأطباء مذهلٌ حقا، لكن المشعرات التي يمتلكونها ليست قاطعة.»

ولذلك صمم <إيڤانس> ضمادا أفضل، فقد بدأ مع زملائه بصباغات تتفاعل مع المستويات المختلفة من الأكسجين، وأضافوا جزيئات نانوية الحجم تضبط فاعلية الصباغ، واستخدموها لتكوين ضماد سائل يشير إلى صحة الجرح الذي يغطيه. وفي هذا الصدد، يقول <إيڤانس>: «إن الضماد يتغير لونه، كضوء عابر، من الأخضر عبر الأصفر والبرتقالي إلى الأحمر وذلك حسب كمية الأكسجين المزود.» وبعد نجاح التجارب على الضماد السائل الجديد على حيوانات المختبر في عام 2014، تقرر بدء التجارب على البشر في هذا العام.

وباستغلال الإمكانات المكتشفة حديثا على معالجة مواد يصل صغر حجمها إلى بضعة أجزاء من البليون من المتر، لا يستطيع علماء مثل <إيڤانس> تحسين التقييمات الصحية السريعة فحسب، بل يمكنهم أيضا تحويل ضمادات الجروح إلى أنظمة دقيقة لإيتاء الأدوية. وتقول <P. هاموند> [الكيميائية من المعهد MIT]: «تؤدي التقانة النانوية دورا كبيرا من خلال قدرتها على ضبط الكميات المتحررة وكذلك مدى جودة الصياغات المطلوب وصولها إلى منطقة الجرح.» ولهذه الدقة ميزةٌ كبيرة مقارنةً بمجرد طلاء أجزاء من الجسم بأدوية لن يصل إلا القليل منها إلى هدفه.

خروج إلى الهواء[**]

يعاني أكثر من ستة ملايين شخص في الولايات المتحدة سنويا سوءَ اندمال الجروح، مع تكاليف طبية تقدر بنحو 25 بليون دولار. نموذجيا يقوم الأطباء بلصق **إلكترودات إبرية** needle electrodes بالنسيج المصاب لقياس مدى **أكسجة** oxygenation هذا النسيج، لكن الإبر قد تكون مؤلمة وتُعطي قراءات من نقطة واحدة فقط من جرح كبير. أما ضماد <إيڤانس>، فيمكن أن يُعطي خريطة فورية للأكسجين في الجرح بكامله.

ويعتمد ضماد <إيڤانس> على صباغين ممزوجين في ضماد سائل سريع الجفاف يمكن فرشه على الجروح. وأي هبّةٍ قصيرة للضوء الأزرق تُنشِّط الصِباغين فيومضان: يعطي الصباغ الأول توهجات حمراء ناصعة، والآخر توهجات

(*) A SMARTER BANDAGE
(**) COMING UP FOR AIR
(1) Coron Evans: الكيميائي من كلية هارڤارد الطبية ومركز ويلمان **للطب الضوئي** photomedicine في مستشفى ماساتشوستس العام.

باختصار

يمكن تحويل **ضمادات الجروح** إلى أنظمة دقيقة لإيتاء الأدوية بمعالجة مواد بحجم بضعة أجزاء من البليون من المتر (**نانومترات** nanometers).

وتمكِّن **التقانة النانوية** الباحثين من وضع الأدوية في «شطائر» بين طبقتين من الضماد، وضبط مدى إطلاقها.

ويمكن **للضمادات الحساسة** كشف حالات الجروح الخطيرة. ويمكنها أيضا إطلاق جزيئات تعيق بروتينات مسببة لمشكلات.

ويمكن وضع **أدوات صغيرة ذات طبقات** في شرايين القلب، وتؤدي إذابة طبقات إلى إطلاق **دنا** DNA لبروتين يساعد على إعادة بناء الأوعية الدموية المتضررة.

المؤلف





Mark Peplow

‹**ببلو**› صحافي علمي من كامبريدج بإنكلترا.

خضراء. وتعمل جزيئات الأكسجين على إطفاء ومضان الصباغ الأحمر، ولذا سيبدو الضماد أخضر اللون إذا كان النسيج المجاور مغمورا بالأكسجين وصحيا. أما إذا حُرمت مناطق من الجرح من الأكسجين، فستلمع من خلال الضماد بقعٌ باللون الأصفر فالبرتقالي، ومن ثم الأحمر المنذر بالخطورة.

ومفتاح الإنذار هو إضافة نانوية الحجم إلى جزيئات الصباغ الأحمر. وقد قرَنَ ‹إيڤانس› كلاًّ من هذه الجزيئات **بجزيء تغصني شبيه بالشجرة**[١] له بنية متفرعة تمتد نحو 2 نانومتر. وتمنع هذه **الأجمةُ**[٢] thicket الجزيئيةُ الجزيئاتِ المتجاورة من التداخل وإخماد إحداها للومضان الفسفوري للآخر. كما تمنع هذه الجزيئات بعض جزيئات الأكسجين، وليس كلها، من الوصول إلى الصباغ؛ وابتداء من المستويات الأدنى تجعل أي تغيير أكثر وضوحا.

وفي المستشفى، يفترض أن يُنذر اللونُ الأحمر التحذيري المرضةَ لتصوير الضماد، والأطباءَ لمحاولة تحسين توزع الدم والأكسجين في مواضع الاضطراب. ومن حيث المبدأ، يمكن أن يُعمَل الضماد في المنزل، يقول ‹إيڤانس›: «يمكن للمرضى أن يأخذوا لقطات من ضماداتهم الخاصة ويرسلوها إلى الطبيب للتقييم.»

سيظهر الضماد باللون الأخضر إذا كان نسيج الجرح مغمورا بالأكسجين وصحيًا. أما إذا حرمت مناطق من الجرح من الأكسجين، فستلمع من خلال الضماد بقعٌ باللون الأصفر والبرتقالي، ومن ثم باللون الأحمر المنذر بالخطر.

لقد ابتكر فريق ‹إيڤانس› صباغات بديلة أيضا أكثر كفاءة في تحويل الضوء الأزرق إلى أحمر. ويقول ‹إيڤانس›: «ضمادنا الجديد لامعٌ جدا بحيث تمكن رؤيته بتحميل صباغي منخفض جدا، في غرفة مضاءة بضوء الشمس». ويضيف: «في المستقبل، يمكن هندسة الضماد ليقوم حتى بتوزيع أدوية علاجية على الجروح.»

ضماد إيصال الأدوية[*]

وفي مختبر ‹هاموند›، قام الباحثون فعلا بتحميل الضمادات بمواد علاجية مهندسة نانويا. وقد طوروا طلاءات تطلق ببطء جزيئاتٍ من **رنا** RNA أو بروتينات يمكنها إيقاف نشاطات خلوية معينة قد تعيق شفاء الجروح. ويمكن لبعض جزيئات رنا، وتسمى **جزيئات الرنا التدخلية الصغيرة**[٣]، أن تعيق، على سبيل المثال، مقدرة جينات تؤدي إلى بروتينات مسببة لبعض المشكلات.

لقد غلف فريق ‹هاموند› بعض جزيئات رنا هذه ضمن «قذائف»[٤] من فوسفات الكالسيوم يبلغ عرض كل منها نحو 200 نانومتر، ثم حصروا هذه القذائف، كشطيرة، بين طبقتين من **بوليمر**[٥] polymer مشحون إيجابيا ومصنوع من جزيئات حيوية، ومن ثم دهنوا أحد جانبي هذه الشطائر بصلصال مشحون سلبيا. (تؤدي الشحنات المتعاكسة إلى التصاق الطبقات فيما بينها.) وتكديس حتى 25 من هذه الشطائر شكَّل غطاء تصل سماكته نحو نصف ميكرون، وضعه مختبر ‹هاموند› على ضماد نايلون تقليدي.

ولأن الإنزيمات الطبيعية في الجسم تحطّم الطبقات، تُفرغ الضمادةُ جزيئاتِ الرنا إلى الجرح على مدى أسبوع. والإطلاق الثابت البطيء يمكن أن يُخفّض التأثيرات الجانبية التي قد تسببها الجرعة المفردة الكبيرة من الدواء التقليدي؛ كما يمكن أن تضمن هذه الطريقة في الإطلاق معالجةً ثابتة للجروح.

استعملت ‹هاموند› أيضا ما يسمى تغطية **طبقة-طبقة**[٦] لتزويد بروتين علاجي يساعد على شفاء الجرح في الفئران المصابة بداء السكري. إن هذا البروتين متوفر أصلا على شكل مرهم، لكنها تقول إن صياغته ليست فعالة جدا – فبعد إيتائه دفعة أولية ضخمة من البروتين، يبهت نشاطه خلال 24 ساعة. بالمقابل، فضماد ‹هاموند› يسمح باستدامة تدفق ثابت على مدى خمسة إلى سبعة أيام لصيانة الجرعة المثلى من البروتين.

ويمكن لاستراتيجية طبقة-طبقة أن تحسن المعالجات لمرض آخر: مرض الشريان التاجي (الإكليلي) الذي يسببه تراكم لويحة في الأوعية الدموية التي تحمل الدم خلال عضلة القلب. وتتضمن المعالجة عادة توسيع الشريان ببالون قابل للنفخ وإبقائه مفتوحا بإدخال إنبوب صغير من شبكة من الفولاذ المقاوم للصدأ يعرف **بالدعامة** stent. وتأتي بعض الدعامات محملةً بجزيئات علاجية لمنع الشريان من التضيق ثانية، لكن المرضى حينها يجب أن يأخذوا أدوية أكثر لخفض

(*) DRUG-DELIVERY DRESSING
(١) a dendrimer, a treelike molecule
(٢) شبكة صغيرة من التغصنات.
(٣) small interfering RNAs
(٤) أو: محارات.
(٥) أو: مكثور.
(٦) layer-by-layer

الاختطـارات المرتبطة بهذه العملية، أيْ **خثـرات الدم** blood clots التي يمكن أن تتحرّر من المنطقة.

ومعالجة الشــريان بجرعات من دنا يتم إيصالها بعناية بوســاطة أدوات ذات طــلاءات **نانويــة القيــاس** nanoscale يمكــن أن توفر حلاً أفضل وفق ما يقول ‹D. لين› [الكيميائي مــن جامعة ويسكونسن-ماديســون]. ففي داخل الجســم، يمكن أن يجعل الدنا الخلايا تنتج بروتينا يساعد على ثباتية جــدران الأوعية الدموية وإعادة بنائهــا. ولإيصال مثل هذه المعالجات الجينية في الزمان والمكان المطلوبين بالضبط، قام ‹لين› بطلاء **الدعامات** stents بطبقات متعاقبة من دنا وپوليمر (مكثور) قابل **للتدرك الحيوي** biodegradable، وتبلغ سماكة كل مــن هذه الطبقات عدة نانومترات. وبتغيير عدد الطبقات، يمكن أن يضبــط الباحثون كمية الدنــا المنطلقة إلى جدران الأوعية الدموية. وقد أظهرت التجارب على الخنازير أن الدنا اخترق تدريجيا النســيج المحيط في أثنــاء الأيام التالية بعد زرع الدعامــة. وتُظهِر اختبارات أخــرى أن الضبط الدقيق لتصميــم الطلاء يمكن أن يغير معــدل الإطلاق؛ يقول ‹لين›: «لدينا الآن ضبط معقول يســمح لنا بتحديد مدة الإطلاق من ثوان إلى شــهور، وذلــك من خلال تعديل بنيــة البوليمر أو طريقة تجميع الفيلم».

ويمكن تكييــف الهندســة النانوية الأساســية وراء هذه الاختراعات لتناســب تشكيلة واسعة من التطبيقات الأخرى. ويســتعمل ‹لين› طلاءات پوليمرية لإيصــال جزيئات حيوية تُســمى **پپتيــدات** peptides تُقاطع «المحادثــات الكيميائية» بين الجراثيــم. وبفصلها عن بعضها، لا تســتطيع الجراثيم الانضمام لتشكيل الطبقات الحيوية القاسية التي تقاوم فصلها بالمضادات الحيوية. ويستخدم ‹إيڤانس›، من جهته، صباغاته الفسفورية في عينات الأنســجة لتمييز الخلايا الورمية قليلة الأكســجين، والتي يمكن أن تكون خصوصا مقاومة للعلاج الكيميائي، ويخطط ‹إيڤانس› لاختبار التقنية على الحيوانات فــي وقت لاحق من عــام 2015. ويمكن أن تســتخدم مقاربة الصباغات أيضا لكشــف وجود البكتيريا المعدية في نســيج الجرح أو كشف أنواع أخرى من الجزيئات. «حقا، اكتشافات بلا حدود،» على حد قول ‹إيڤانس›.

غرسات[1] حاسوبية

لطيفٌ على القلب[*]

دارات كهربية ناعمة لا تمزق اللحم وتغلف الأعضاء الحيوية وتراقبها.

كانــت ملاءمة الأجهزة فــي عالــم الإلكترونيات للحم البشــر الطــري ضعيفة، فالــدارات الصلبة ليســت قابلة للانثنــاء بما يناســب أعضاء الجســم المرنــة، وحوافها القاسية تمزق الأنسجة الرخوة. وهذه المشكلة حدّت كثيرا من الجهود المبذولة لتحســين أدوات مثل **قثاطر** catheters تنقية الشرايين عبر إضافة آليات الضبط والدقة. وقد يدعم السيليكون صناعة الحواسيب بالكامل، لكنه هشٌّ جدا.

ومع ذلــك، فحتى أكثر المواد قســاوة تصبح مرنة إذا جعلتها رقيقة بما فيه الكفاية، حسب قول ‹J. روجرز› [أحد علماء المواد من جامعة إيلينويز في أوربانا-شــامبين]. إنه يبني وريقات إلكترونية قابلة للتمدد بسماكة 10 نانومترات فقــط، لأدوات يمكــن أن توضع ضمن أعضــاء كالقلب أو حولهــا، وتقــوم بوظائفها مــن دون أن تســبب أي أذى. ويدعوها ‹روجرز› «**إلكترونيات ناعمة**[2].»

ويجب أن تســتخدم الدارات التي يصممها ‹روجرز› موصلات عالية الدقة مثل السيليكون و**نتريدات الگاليوم** gallium nitride؛ لأنها يجب أن تؤمن النقل التناوبي لإشارات الحاســوب من دون خلل. وللالتفاف على ميل السيليكون إلى الانكســار عند ثنيه، اســتخدم ‹روجرز› الهندســة النانويــة لترقيق المادة مع الحفاظ على قدرتها التوصيلية. فمع تنعيمــه إلى نحو 10 نانومترات، يصبح الســيليكون كرباط مطاطي أكثر من كونه شبيها بالزجاج.

لقد نجح ‹روجرز› في اختبــار فعلي على الحيوانات لغشــاء مرن مُضمَّن بالإلكترونيات ويمكنه أن يلتف حول القلــب النابض لمراقبة **النظميات** rhythms الشــاذة. وإذا واصلــت الاختبارات إظهار نجاحات، فإنه يتصور إضافة مراقبات إلكترونية إلى أدوات فتح الشــرايين، **كقثطارات بالونيــة** balloon catheters، بحيث يمكنها تحسس الأجزاء المتضيقــة من الأوعية الدموية. ويقــول ‹روجرز›: «أدوات ميكانيكيــة صماء يمكــن أن تصبح هــذه الأدوات أدوات جراحية متطورة.»

‹A. كريش›

(*) Gentle on the Heart

(1) implants؛ أو: زروعات.

(2) soft electronics

مراجع للاستزادة

Polyelectrolyte Multilayers Promote Stent-Mediated Delivery of DNA to Vascular Tissue. Eric M. Saurer et al. in *Biomacromolecules*, Vol. 14, No. 5, pages 1696–1704; May 13, 2013.

Nanolayered siRNA Dressing for Sustained Localized Knockdown. Steven Castleberry in *ACS Nano*, Vol. 7, No. 6, pages 5251–5261; June 25, 2013.

Surface Coatings That Promote Rapid Release of Peptide-Based AgrC Inhibitors for Attenuation of Quorum Sensing in *Staphylococcus aureus*. Adam H. Broderick et al. in *Advanced Healthcare Materials*, Vol. 3, No. 1, pages 97–105; January 2014.

Click-Assembled, Oxygen-Sensing Nanoconjugates for Depth-Resolved, Near-Infrared Imaging in a 3 D Cancer Model. Alexander J. Nichols in *Angewandte Chemie International Edition*, Vol. 53, No. 14, pages 3671–3674; April 1, 2014.

Non-Invasive Transdermal Two-Dimensional Mapping of Cutaneous Oxygenation with a Rapid-Drying Liquid Bandage. Zongxi Li in *Biomedical Optics Express*, Vol. 5, No. 11, pages 3748–3764; November 1, 2014.

الطب النانوي في العقود القادمة

إطلاق الإنسالات[(1)] النانوية![(*)]

قد يأخذ التغلب على التحديات التقنية كلها 20 عاما أو أكثر، لكن الخطوات الأولى نحو الطب المضبوط عن بعد قد بدأت.

<L. گرينيمير>

يتضمن المستقبل بعيد المدى، كما يتصوره باحثو الطب النانوي، عوامل علاجية مذهلة فائقة الدقة تبحر بذكاء بقوتها الخاصة إلى هدف معين، وفقط إلى ذاك الهدف في أي مكان من الجسم. وعند وصولها، قد تعمل هذه المكنات **ذاتية التوجيه** self-guided وفق أي عدد من الطرق – ابتداء بإيصال حمولتها الدوائية الطبية وصولا إلى إعطاء فكرة آنية عن كل جديد يطرأ على حالة عملية مكافحة المرض التي تقوم بها. ومن ثم، وبعد إنجاز مهمتها، **ستتدرّك حيويّا** biodegrade بأمان ليكون الأثر الذي تتركه وراءها زهيدا أو معدوما. وسيجري تكوين هذه الأدوات، التي تسمى **إنسالات نانوية** nanobots، من مواد متوافقة مع الحياة أو من معادن مغنطيسية أو حتى من **خييطات** filaments من دنا: وقد اختيرت هذه المواد كلها بعناية استنادا إلى خصائصها المفيدة في مقاساتها الذرية، إضافة إلى قدرتها على اجتياز دفاعات الجسم من دون تخريبها ومن دون إثارة أي أذى خلوي.

ومع أن احتمال أن يحتاج إنجاز هذه الرؤية إلى عقدٍ أو اثنين من الزمن، بدأ الباحثون في الطب بالتصدي لبعض المشكلات التقنية. وأحد التحديات الأكبر هو التأكد من أن هذه **الأدوات النانوية** the nanodevices ستصل إلى هدفها في الجسم.

باختصار

في يوم من الأيام سيسافر أسطول من الأدوية والأدوات النانوية إلى أي مكان يحتاج إلى أن تصل إليه داخل الجسم بقوتها الذاتية، مستخدمة محركات وأنواع وقود متوافقة بيولوجيا للوصول إلى ضالتها.

بيد أن الباحثين يجب أن يتعلموا، **قبل أن يأتي ذلك اليوم،** كيف سيصممون هذه المركّبات بحيث تتحرك دون أذية لأي من الوظائف الحيوية السوية أو تدخل فيها.

وعلى المدى القريب، يقوم العلماء بتوليد حقول مغنطيسية وموجات فوق صوتية لدفع الجسيمات النانوية إلى المناطق المستهدفة. ولكن مثل هذه الطرق لا تستطيع النفاذ عميقا في الجسم.

الإنسالات النانوية المصنوعة من **الدنا** DNA هي بديلٌ آخر. وبعض هذه المركّبات مصممة لتعمل كصناديق تفتح وتطلق شحنتها في ظروف نوعية فقط.

قوة موجية[(**)]

إن معظم الأدوية الموجودة في الأسواق اليوم تعوم بسهولة عبر الجسم ضمن مجرى الدم، سواء بعد حقنها مباشرة إلى الدم، أم بعد امتصاصها إلى مجرى الدم من **السبيل المَعِدي المعوي** the gastrointestinal في حالة حبوب الأدوية. لكن هذه الأدوية لا تسير إلى حيث الحاجة إليها فحسب، بل أيضا إلى أماكن من الجسم قد تسبب مضاعفات غير مرغوب فيها. وبالمقابل، فالأدوية النانوية المتطورة ستكون مصممة لكي تُوجّه إلى ورم ما أو إلى موقع مشكلة آخر، حيث تطلق حمولتها الدوائية؛ مما يخفض فرص حدوث آثار جانبية.

إن الحقول المغنطيسية والموجات فوق الصوتية هي أبرز الطرق المرشحة لتوجيه الأدوية النانوية على المدى القريب، حسبما يقول <J. وانگ> [رئيس قسم الهندسة النانوية وأستاذ متميز من جامعة كاليفورنيا في سان دييگو]. ففي المقاربة المغنطيسية، يقوم الباحثون بتضمين جسيمات نانوية من أكسيد الحديد أو النيكل، على سبيل المثال، ضمن دواء معين. وبعد ذلك يستعملون مصفوفة من مغنطيسات دائمة موضوعة خارج فأر أو غيره ليدفعوا أو يسحبوا الدواء المعدني عبر الجسم إلى الموقع المختار، من خلال **دولبة**[(2)] حقول مغنطيسية مختلفة. أما في حالة الموجات فوق الصوتية، فقد وجه الباحثون موجات صوتية إلى فقاعات نانوية حاوية

(*) LAUNCH THE NANOBOTS!
(**) WAVE POWER
(1) إنسالات جمع إنسالة، وهي نحت من إنسان-آلة.
(2) manipulating

المؤلف

Larry Greenemeier
<گرينيمير> محرر مشارك في مجلة ساينتفيك أمريكان.

للدواء، مما تسبب بتفجيرها بقوة كافية تسمح لحمولة الفقاعة بالنفاذ عميقا ضمن النسيج أو الورم المستهدف.

لقد أضاف باحثون طبيّون من جامعتي Keele و Nottingham بإنكلترا، إلى مقاربتهم المغنطيسية في العمل الذي استهدف شفاء عظام مكسورة. فقد ربطوا جسيمات أكسيد الحديد النانوية بخلايا جذعية فردية ثم حقنوا المستحضر في بيئتين تجريبيتين مختلفتين: عظم فخذ دجاج جنيني ودعامة عظمية صنعية من هلامات الكولاجين المائية المهندسة نسيجيا. وبمجرد وصول الخلايا الجذعية إلى الكسر، استخدم الباحثون حقلا مغنطيسيا خارجيا مذبذبا لتحريك الإجهاد الميكانيكي سريعا على الجسيمات النانوية التي تنقل بدورها القوة إلى الخلايا الجذعية. وقد ساعد هذا النوع من الإجهاد الميكانيكي الحيوي الخلايا الجذعية على التمايز بفاعلية أكبر إلى نسيج عظمي. وقد حدث نمو عظمي جديد في كلتا الحالتين على الرغم من أن الشفاء الإجمالي كان متفاوتا. ويأمل الباحثون في النهاية بأن إضافة عوامل النمو المختلفة إلى الخلايا الجذعية المرصعة بأكسيد الحديد، ستجعل عملية التصليح أيسر، كما يقول <J. هينستوك> [الباحث المشارك بعد الدكتوراه في الطب من معهد كيلي للعلوم والتقانة].

أدوية نانوية مستقلة ذاتيا(*)

وتتمثل العوائق الأساسية للمقاربات المغنطيسية والصوتية بالحاجة إلى توجيه خارجي – وهو مرهق – وفي حقيقة محدودية نفاذ الحقول المغنطيسية والموجات فوق الصوتية في الجسم؛ يمكن التغلب على هذه المشكلات بتطوير «مُحرِّكات دقيقة مستقلة ذاتيا» لإيصال الحمولة العلاجية.

وستعتمد مثل هذه المحركات الدقيقة على التفاعلات الكيميائية للدفع، لكن **السُّمّية** toxicity قضية مطروحة. فعلى سبيل المثال، ستولد أكسدة الگلوكوز، جزيء السكر الموجود في الدم، بيروكسيد الهدروجين الذي يمكن استخدامه كوقود. لكن الباحثين يعرفون من قبل أن هذه المقاربة الخاصة لن تعمل على المدى الطويل؛ فبيروكسيد الهدروجين يتلف النسيج الحي، والگلوكوز في الجسم لا يُنتِج من بيروكسيد الهدروجين ما يكفي لتشغيل المحركات الدقيقة. وتعتمد الجهود الواعدة أكثر على استخدام مواد أخرى موجودة بشكل طبيعي، مثل حمض المعدة (للتطبيقات في المعدة) أو الماء (الوفير في الدم والأنسجة)، كمصادر تشغيلية.

بيد أن الملاحة المضبوطة بهذه الأدوات ذاتية الدفع قد تكون عقبة أكبر. فمجرد أن تتمكن الجسيمات النانوية من الحركة في أي مكان لا يعني أنها سترحل بالضرورة إلى حيث يريد الباحثون بالضبط. فالتسيير المستقل ذاتيا ليس خيارا بعد، لكن قد يكمن الحل في التأكد من أن الأدوية النانوية تصبح فاعلة فقط عندما تجد نفسها في البيئة الصحيحة.



ولإنجاز هذه الحيلة، بدأ باحثون بابتكار **آلات نانوية** nanomachines غير الأشكال التخليقية للدنا. فبتطبيق وحيدات الجزيء بطريقة تجعل شحناتها الكهربية تجبرها على التطوي في هيئة خاصة، يمكن للعلماء هندسة البنى لأداء المهام المختلفة. فعلى سبيل المثال، يمكن لبعض شدف الدنا أن تطوي ذاتها ضمن حاويات ستفتح وتطلق محتواها فقط عندما تصادف الرزمة بروتينا مهما في عملية المرض أو تصادف الظروف الحمضية داخل الورم، حسبما تقول <Y. كريشنان> [أستاذة الكيمياء من جامعة شيكاغو].

تتصور <كريشنان> وزملاؤها كيانات أكثر تقدما من وحدات بنائية مصنوعة من الدنا الذي يمكن برمجته للمهام المختلفة كالتصوير أو حتى تجميع إنسالات نانوية أخرى. ولكن الدنا التخليقي عالي التكلفة حتى الآن، إذ تصل تكلفته إلى نحو 100 ضعف من تكلفة المواد التقليدية الأكثر استعمالا في إيصال الأدوية؛ ولذا، فسعره يمنع شركات الأدوية حتى الآن من الاستثمار فيه كمرشح للمعالجات، حسب قول <كريشنان>.

وقد يكون هذا كله بعيدا كل البعد عن بناء أسطول الغواصات الذكية التي تُذكّرنا بغواصة پروتيوس Proteus في فيلم Fantastic Voyage في عام 1966. ومع ذلك، فالإنسالات النانوية تتحرك أخيرا في ذلك الاتجاه. ■

(*) AUTONOMOUS NANOMEDS

مراجع للاستزادة

Motion Control at the Nanoscale. Joseph Wang and Kalayil Manian Manesh in *Small*, Vol. 6, No. 3, pages 338–345; February 5, 2010.

Designer Nucleic Acids to Probe and Program the Cell. Yamuna Krishnan and Mark Bathe in *Trends in Cell Biology*, Vol. 22, No. 12, pages 624–633; December 2012.

Remotely Activated Mechanotransduction via Magnetic Nanoparticles Promotes Mineralization Synergistically with Bone Morphogenetic Protein 2: Applications for Injectable Cell Therapy. James R. Henstock et al. in *Stem Cells Translational Medicine*, Vol. 3, No. 11, pages 1363–1374; November 2014.

Scientific American, April 2015

ولادة صاروخ(*)

هل منظومة الإطلاق الفضائية، التابعة لوكالة الطيران والفضاء الأمريكية، هي جزء طائر من أموال الكونگرس السياسية، أم إنها أفضل فرصة لنا لإرسال إنسان إلى الفضاء السحيق؟

<D. H. فريدمان>

في أعماق داخل منشأة عملاقة، ولكنها شبه مغمورة تابعة لوكالة الطيران والفضاء الأمريكية (**ناسا** NASA)، تقوم فرق عمل منذ سنوات عدة بتنفيذ مهام فضائية تحاكي مهام حقيقية إلى حد بعيد. وهذه ليست نظرية مؤامرة، بل هي الحكاية البائسة **لمنشأة ميتشود للتجميع**[١] التابعة لوكالة ناسا، وهي مجمع صناعي يقع في نيو أورليانز حيث بَنَت وكالة الفضاء أكبر صواريخها طوال العقود السابقة.

وبعد آخر تحليق لمكوك الفضاء في عام 2011، أُجِّرَت مرافق ميتشود الضخمة الشبيهة بالعنابر إلى استوديوهات هوليوود، وذلك بغية إيواء بعض أعمال إنتاج فيلم **لعبة إندر**[٢] وغيره من أفلام الخيال العلمي.

إلا أن عددا كبيرا من مهندسي ناسا وغيرهم من العاملين انخرطوا في الآونة الأخيرة في إنتاج مهم جديد هنا يتمثل بمتابعة أعظم أيام الوكالة الخاصة بتحليق فضائي بشري. وعادت منشأة ميتشود إلى صناعة الصواريخ، لتكون مصنعا لأكبر المركبات الفضائية التي يجري بناؤها وأكثرها طموحا على الإطلاق: **منظومة الإطلاق الفضائية** (SLS)[٣].

والمنظومة SLS هي صاروخ تأمل ناسا بأن يحمل طاقما من رواد الفضاء من القاعدة Cape Canaveral بفلوريدا إلى سطح المريخ في رحلة تدوم سنة تقريبا، مع شحنة من مهاجع الإقامة والعربات والإمدادات التي سوف يحتاجون إليها للبقاء بضعة أسابيع على الأقل متنقلين عبر الأتربة الصدئة هناك. وما زالت تلك المهمة بعيدة عن موعدها بنحو 25 سنة، لكن من حين إلى آخر، يمكن للمنظومة SLS أن تحمل أشخاصا إلى قمر الأرض وإلى أحد **الكويكبات** asteroid، وأن ترسل **مسبارا** probe للبحث عن حياة، مثلا على **يوروپا** Europa، أحد أقمار المشتري. إنه مشروع غير مسبوق للترحال بين الكواكب، وهو أكثر المشاريع التي أخذتها ناسا على عاتقها جرأة.

فلماذا يبدو أن كثيرا من الناس يكرهون هذا المشروع؟

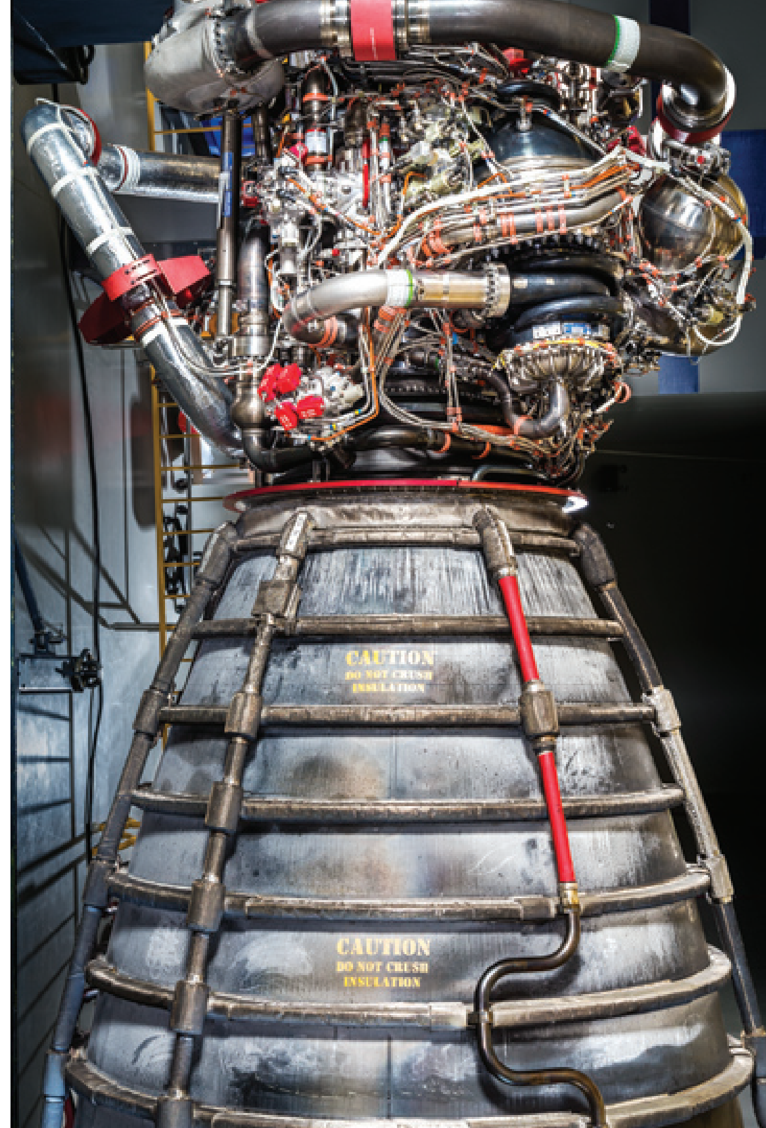
باختصار

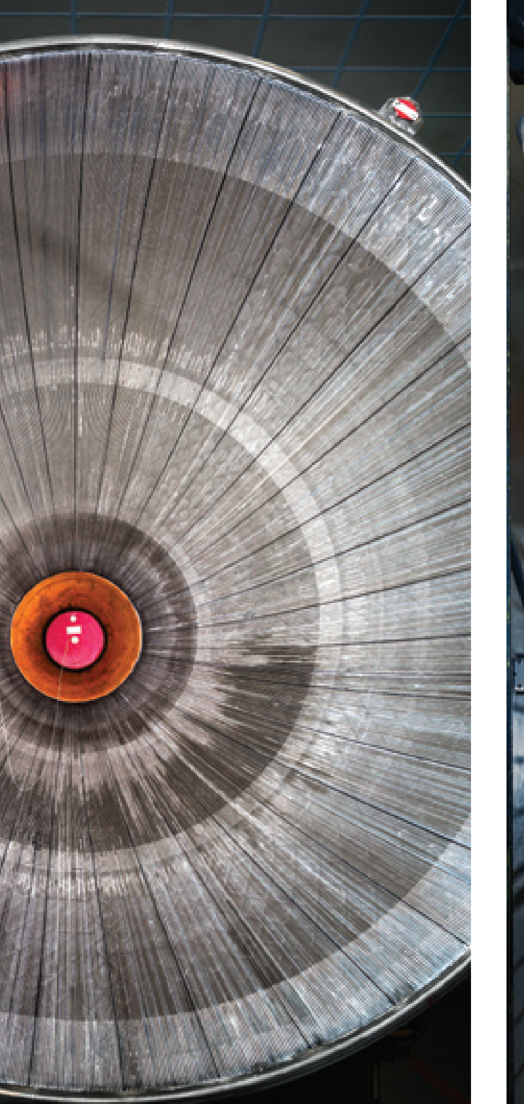
بعد إلغاء برنامج كنستِليشن الذي كان خلفا لمكوك الفضاء لدى ناسا، قررت الولايات المتحدة الاعتماد على متعاقدين من القطاع الخاص للوصول إلى مدار منخفض حول الأرض، وأخذت على عاتقها بناء صاروخ خاص بها، أي **منظومة الإطلاق الفضائية** (SLS)[٣] من أجل إرسال طاقم وحمولة إلى الفضاء البعيد.

ونظرا لاعتماد **المنظومة SLS على مكونات المكوك،** وبسبب دعمها بحماس شديد من قبل سياسيين من ولايات يمكن أن تستفيد من المشروع، سُمِّيت «**صاروخا بلا وجهة**[٤]»، أي إنها مجرد مشروع وظائف يدعمه الكونگرس من دون هدف، مع احتمال ضعيف للتحليق الفعلي.

إلا أن العمل في المنظومة SLS يسير وفق الخطة والميزانية الموضوعة. وخطة المهام هي قيد الإعداد، وأول تحليق مبرمج سوف يكون في عام 2018. وعلى غرار أي مشروع يدوم عدة عقود من السنين، يعتمد استمرار المنظومة SLS على السياسة المستقبلية؛ فهل يمكن لهذا الجزء من المال السياسي الطائر أن يكون أفضل فرصة لنا للذهاب إلى المريخ؟

(*) BIRTH OF A ROCKET
(١) Michoud Assembly Facility
(٢) *Ender's Game*
(٣) the Space Launch System
(٤) "rocket to nowhere"





استعملت المحركات RS-25، التي صنعتها الشركة Aerojet Rocketdyne، في دفع مكوك الفضاء، وسوف تُستعمل قريبا لدفع مركبة ناسا التالية في استكشاف الفضاء البعيد، أيْ المنظومة SLS.

استبدال المكوك(*)

بعـد النصـر المذهل الذي حققـه برنامج **أبولـو** Apollo لاستكشـاف القمر في ستينات وأوائل سـبعينات القرن العشرين، كان من المفترض أن يجعل المكوكُ الوصولَ إلى مـدار حـول الأرض أمرا رخيصا وعاديا نسـبيا. إلا أن متوسط تكلفته بلغت أكثر من بليون دولار للرحلة، ولم يحلق إلا بضع مرات في السنة، ومُني بكارثتين. وفي عام 2004، أي بعد سـنة من تحطم **المكوك كولومبيا**(1) Columbia أثناء عودته إلى جو الأرض ومقتل سـبعة أشـخاص في ذلك الحادث، أمر الرئيس ‹جورج بوش الابن› وكالة ناسا بالاسـتعاضة عن برنامج المكـوك ببرنامج مماثل لبرنامج أبولـو، يعود بنا إلـى القمر ومن ثم إلـى المريخ. وقادت المسـاعي الناتجة، والمسماة **كنْستليشـن**(2)، إلى تصميم صاروخـي **أريـس** Ares جديدين، وعربـة إطلاق للطاقم، وصاروخ عملاق شـبيه بصاروخ الشحن **سـاتورن** V(3). لكنـه بحلول عام 2011، وبعد إنفـاق نحو 9 بلايين دولار، كان كل ما أنتجته كانستِليشن هو كبسولة طاقم **أوريون**(4) Orion التي صنعتها الشـركة لوكهيد مارتين(5)، وصاروخ أطلـق مرة واحدة للاختبار. بعد ذلك ألغى الرئيس ‹باراك أوباما› البرنامج ووجه ناسـا إلى تركيز طاقتها في مهمة

(*) REPLACING THE SHUTTLE

(1) هو أول مكوك فضائي في أسـطول ناسـا الفضائي، وقد أطلق لأول مرة في مهمة فضائية في 1981/4/2، وبقي في الخدمة أكثر من 22 سـنة، قام خلالها بـ 27 مهمة، وتحطـم أثناء عودته من مهمته الثامنة والعشـرين فـي 2003/2/1 أثناء دخوله جو الأرض.

(2) Constellation

(3) Saturn V: هو صاروخ معدٌّ لحمل البشـر إلى الفضاء مرة واحدة، وقد اسـتعملته ناسا بين عامي 1966 و 1973.

(4) هـي مركبـة فضائية معـدة لحمل طاقم مؤلـف من أربعة رواد فضـاء إلى مدار منخفض حول الأرض أو ما بعده، ويجري تطويرها في إطار المنظومة SLS.

(5) Lockheed Martin



المؤلف

David H. Freedman

<**فريدمان**> محرر مساهم في مجلة ذي أتلانتيك، ومؤلف خمسة كتب أحدثها هو «**الخطأ**» Wrong الذي يدور حول مشكلات الاكتشافات المنشورة لعلماء الطب وغيرهم من الخبراء.

إلى أحد الكويكبات. وكان على الوكالة الالتفات إلى القطاع الخاص للحصول على خدمة مواصلات مدارية لنقل الحمولة والطاقم إلى محطة الفضاء الدولية.

ومع ذلك، فقد دفع كثيرون في الكونگرس بقوة باتجاه متابعة البحث عن صاروخ شحن ثقيل جديد قادر على إيصال أشخاص إلى القمر والمريخ. وكان الحل الوسط الناتج هو المنظومة SLS، أي صاروخ وحيد كبير لكل من الطاقم والشحن يمكن أن يستغني عن كثير من التقانات الجديدة المخططة للصاروخ أريس، ويعتمد بدلا منها على محركات مكوك الفضاء و**معززات دفعه**[1] وخزاناته معظم مدة انطلاقه. أي إن المنظومة SLS هو صاروخ أريس منخفض التكلفة.

ومن البداية، كانت ثمة إصرار على المنظومة SLS، وذلك نتيجة لإدراك أن الكونگرس قد طبخها من أجل حماية الوظائف لدى ناسا والمتعاقدين الرئيسيين معها. فكتب محررو صحيفة الإيكونوميست في الشهر 2014/12: «تتميز هذه المركبة بأنها أول صاروخ صممته لجنة من السياسيين بدلا من العلماء والمهندسين.» وسخِر بعض المنتقدين من المنظومة SLS معتبرين إياها «صاروخ مال سياسي» أو «منظومة إطلاق لمجلس الشيوخ». وكان أعضاء الكونگرس الجنوبيون، الذين تمثل ولاياتهم مقرات للمنشآت الكبيرة التابعة لناسا وللمتعاقدين معها، الداعمين الأعلى صوتا للمنظومة SLS في الكونگرس. فمن المؤيدين لها، على سبيل المثال، السيناتور <R. شيلبي> [من ألاباما] حيث يعمل نحو 6000 شخص في مركز مارشال للتحليق الفضائي التابع لناسا في Huntsville بألاباما، مقر إدارة المنظومة SLS، والسيناتور <D. ڤيتر> [من لويزيانا] مقر منشآت ميتشود التابعة لناسا حيث تنشر شركة بوينگ Boeing، وهي المتعاقد الرئيسي للمرحلة الأساسية من المنظومة SLS، عددا كبيرا من الأشخاص البالغ عددهم 1500 شخص يعملون في المشروع فعلا.

إنه برنامج – وصاروخ – كبير فعلا. ففي البداية سوف تكون للمنظومة SLS مرحلة نواة سفلية تدفعها أربعة محركات RS-25 من محركات مكوك الفضاء التي تستعمل الوقود المعتاد من الهدروجين والأكسجين السائلين. وسوف يلحق بكل جانب من مرحلة النواة صاروخ معزز يعمل بالوقود الصلب يوفر الدفع الإضافي اللازم لوضع الصاروخ الثقيل في الجو [انظر الشكل في الصفحة 26]. وثمة مرحلة ثانية فوق الأولى تحل محلها عند ارتفاع 50 كيلومترا تقريبا، وذلك بغية دفع الصاروخ إلى المدار. وتتوضع كبسولة الطاقم أوريون فوق المرحلة الثانية. وسوف يكون الصاروخ، الذي يبلغ طوله 98 مترا، أقصر قليلا وأقوى من الصاروخ ساتورن V الذي حمل جميع المهمات المأهولة إلى القمر، وسوف يحمل شحنة تساوي ثلاثة أمثال الشحنة التي يحملها المكوك. ولم يصمم أي من مكوناته ليكون قابلا لإعادة الاستعمال. وعلى مدى العقد القادم، سوف تتضمن تحديثات المنظومة SLS محركات ومعززات دفع أقوى. ويمكن للمنظومة SLS النهائية القادرة على الوصول إلى المريخ أن تحصل على طاقة أكبر في مرحلتها العليا تعطيها ضعف الدفع المتوفر في النموذج الأول.

ويوجه المنتقدون تهمة مفادها أنه بتحديد أن تعتمد المنظومة SLS على مكونات المكوك، يكون الكونگرس قد ضمن الربح لمتعاقدي المكوك الكبار من الصناعات الجوية الفضائية. ويقول <P. ويلسون> [المحلل الرئيسي لبحوث الدفاع لدى الشركة RAND]: «مرة أخرى، تعمل شركة بوينگ كاللصوص،» ويزعم آخرون أن طريقة تدوير مواد المكوك سوف تجعل المنظومة SLS مثل صاروخ فرانكن المضطرب مع أجزاء مرقعة من برنامج ميّت. وقد أدى استعمال معززات دفع المكوك فعلا إلى مشكلة تتمثل بفجوات العزل الحراري، على سبيل المثال.

وتتباين تقديرات تكاليف المنظومة SLS النهائية كثيرا. فقد تنبأت ناسا علنا بأنه سوف تكون ثمة حاجة إلى 18 بليون دولار للوصول بها إلى أول إطلاق، منها 10 بلايين دولار للصاروخ نفسه، و6 بلايين دولار لكبسولة طاقم أوريون، وبليوني دولار لتجهيز قاعدة Cape Canaveral من أجل التعامل مع قواذف إطلاق المنظومة SLS (بالمناسبة، يعتبر السيناتور <B. نلسون> [من فلوريدا] مؤيدا قويا آخر للمنظومة SLS.) إلا أن دراسة داخلية مُسرَّبة خرجت بتكلفة تزيد على 60 بليون دولار على مدى العشر سنوات القادمة. وتنبأ آخرون بأن إرسال طاقم

(1) booster = مُعزِّز الدفع: هو محرك إضافي يُشغَّل لإعطاء الصاروخ أو الجسم الطائر قوة دفع إضافية لزيادة سرعته.



في وقت مبكر من السنة القادمة، سوف يقوم المهندسون لدى مركز ستنس الفضائي التابع لناسا في ميسيسيبي بإطلاق اختباري لمرحلة نواة المنظومة SLS التي يبلغ طولها 212 قدما (64.6176 متر).

إلى المريخ سوف يكلف ما يصل إلى تريليون دولار. ومع أن هدف ناسا المعلن هو 500 مليون دولار لكل إطلاق، لكن آخرين قدروا تلك التكلفة بما يصل إلى 14 بليون دولار حين تؤخذ جميع تكاليف البرنامج بالحسبان.

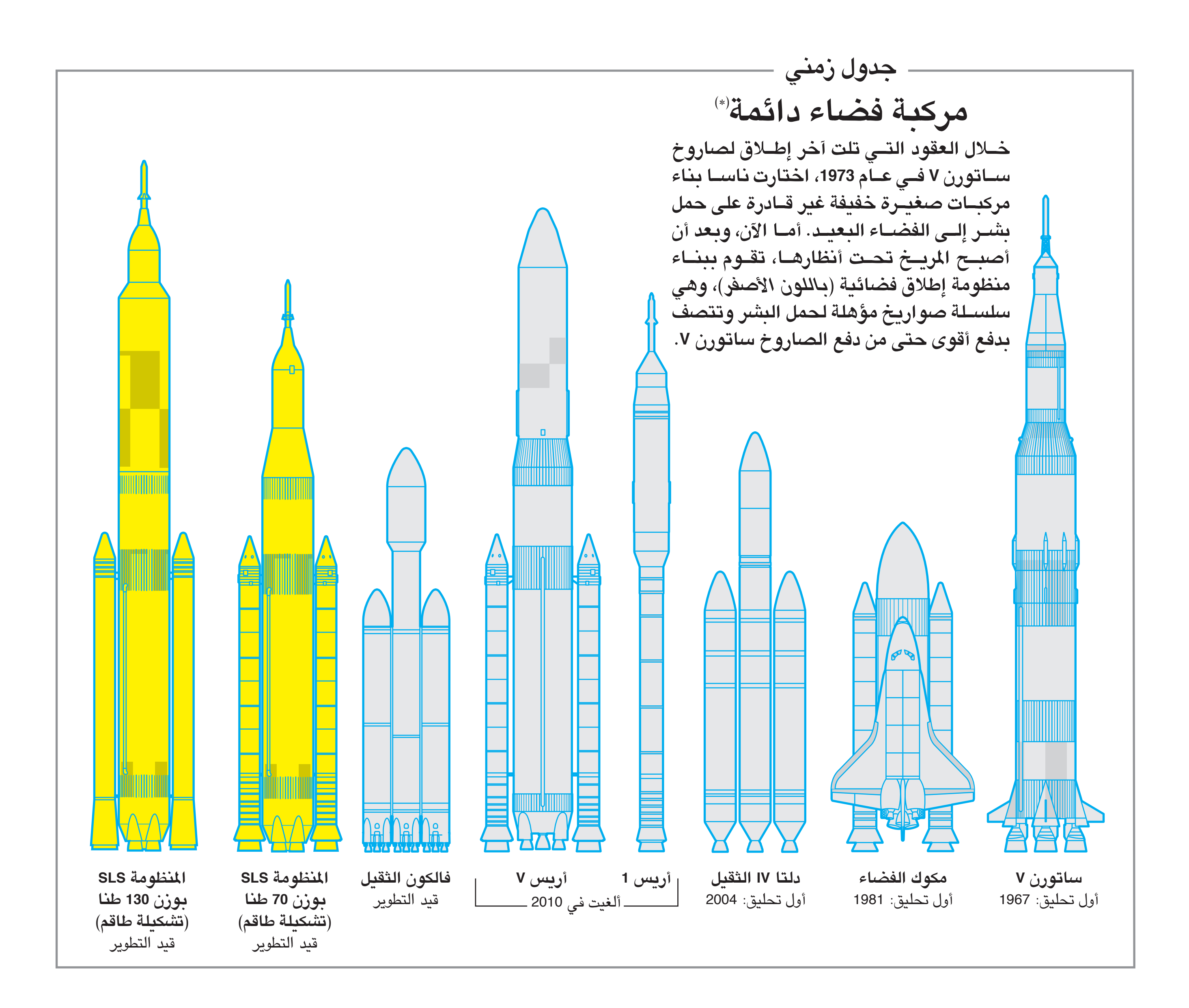
ويصر المنتقدون على أن الحكومة والجمهور لن يؤيدا البتة حماسة ناسا لاستكشاف الفضاء بكثير من مئات بلايين الدولارات التي سوف تتطلبها مهمات المنظومة SLS الكبرى. وطرحت عدة تحليلات في هذا الصدد، ومن ضمنها دراسة داخلية أجرتها ناسا، أنه يمكننا الذهاب إلى المريخ والفضاء البعيد من دون صاروخ دفع ثقيل. فقد يكون من الأرخص، وفقا لرأي البعض، الاعتماد على صواريخ أصغر مثل الصاروخ **دلتا IV**(1) الذي استعمل طوال نحو عقد من السنين لإطلاق أقمار اصطناعية، ولشحن وقود ومكونات ومواد أخرى إلى مدار منخفض بالنسبة إلى الأرض من أجل بناء مركبات للفضاء البعيد، ومن ثم بناء المركبة الكبيرة هناك. ويقول كثيرون إنه إذا تبين أننا بحاجة إلى صاروخ عملاق، فلماذا لا نُحوّل المهمة إلى ما يسمى **الفضاء الجديد**(2)؟ فالشركة SpaceX مثلا، التي أسسها E> ماسك> [رمز وادي السليكون] أبرمت فعلا مع ناسا عقود نقل إلى المدار باستعمال صواريخها الحسنة السمعة مثل **فالكون 9**(3). ويقول J> پورا> [رئيس مؤسسة Space Frontier Foundation، وهي مؤسسة دفاع مكرسة لتشجيع استكشاف الفضاء]: «إن المنظومة SLS لا تضيف سوى تحسينات ضئيلة إلى التقانة التي طورت قبل أربعين سنة، وعلى ناسا أن تُعلِم القطاع الصناعي الخاص بنوع الشحنات التي تريد إرسالها إلى الفضاء البعيد، وأن توفر مقدارا محددا من المال لتلك المهمة وتترك أمر بنائها لشركات مثل الشركة SpaceX.» وتقوم هذه الشركة بتطوير صاروخ دفع ثقيل من فئة المنظومة SLS مزود بـ27 محركا، وتعمل على محركات جديدة أقوى يمكنها،

---

(1) the Delta IV

(2) new space: فلسفة أو توجه في الولايات المتحدة نحو التحليق الفضائي الذي يقوم به القطاع الخاص.

(3) Falcon 9



إذا نجحت، أن تسمح لذلك الصاروخ بأن يتجاوز حتى أكبر منظومة SLS منظورة. وتقوم الشركة SpaceX بتصميم جميع مكوناتها الرئيسية بحيث يمكن إعادة استعمالها؛ في حين لا تستعمل المنظومة SLS إلا مرة واحدة فقط.

وعلى الرغم من هذه الاعتراضات، ما زال التخطيط لمهام المنظومة SLS قائما. ففي أول تحليق في عام 2018، سوف يُرسل الصاروخ SLS وكبسولة أوريون من دون طاقم إلى مسافة أبعد من القمر. وفي تحليق آخر لم يبرمج رسميا بعد، سوف يكرر الأمر ذاته، لكن ربما بعد بضع سنوات، لإرسال طاقم إلى مسافة من الأرض أبعد من كل ما سبق. وما سوف يحصل بعد ذلك يعتمد في النهاية على قرار الكونگرس والرئيس الجديدين؛ أما الآن، فيجري التخطيط لرحلة مأهولة إلى أحد الكويكبات في منتصف عشرينات هذا القرن، تتبعها مهمة مأهولة إلى المريخ في الثلاثينات منه.

مَصنَع الصاروخ(**)

وتختبر ناسا أكبر صواريخها في مركز ستنس الفضائي(١) الذي يقع ضمن شبكة من البحيرات والأنهار والروافد والقنوات بالقرب من أبعد رأس لنهر الميسيسيبي جنوبا. ولدى تجهيز أنفسنا بقبعات صلبة وقمصان أمان، أخبرني <T. بيرد>، الذي بقي نائبا لمدير ناسا هنا حتى تقاعده في الشهر 2015/1، أن ثمة ثلاثة أسباب لقرب المركز من الماء: فالأعمال فيه تتطلب الوصول إلى عَبّارات بحرية كبيرة وإلى خبرات في البناء البحري وكذلك إلى طريقة جاهزة لتبريد ألواح ضخمة من المعدن تتعرض لدرجات حرارة تصل إلى تلك التي توجد على سطح الشمس.

(*) Once and Future Spacecraft
(**) THE ROCKET FACTORY
(١) Stennis Space Center



مقاطع أسطوانية تُجمع وتُلحم معا لتكوين أسطوانة طويلة سوف تعمل كقوقعة لمرحلة نواة المنظومة SLS. ويوجد داخل تلك القوقعة خزانان للهدروجين والأكسجين السائلين اللذين يمثلان وقود الصاروخ. وحاليا يقوم المهندسون لدى منشأة ميتشود للتجميع التابعة لناسا بإنتاج براميل «موثوقة» لاختبار متانة المكونات.

وتتألف كل منصة اختبار هنا من لوحة ضخمة من المعدن والإسمنت المسلح تبدو كبلاطة عرضانية مأخوذة من منتصف باخرة شحن عملاقة. لقد تسلقنا عبر إحدى المنصات، فرأيت في طريقي غرفةَ تَحكم لم تكن لتبدو في غير مكانها لو كانت في محطة توليد كهرباء سوڤييتية قديمة في خمسينات القرن الماضي، لأن معظمها يتكون من مقاييس ضغط بخارية وأقراص دائرية مدرجة ثقيلة. وعندما سألت عن سبب عدم تحديثها بلوحات رقمية، كان الجواب واحدا وسوف يُبرهن على أنه نوع من التعويذة التي تحمي البرنامج SLS: فقد استغرق تشغيل هذه الأشياء على نحو جيد عقودا على الرغم من المشكلات المستعصية والعوائق التي لا تحصى، فلم العبث بها؟

إلا أنني استطعت أن أرى من أعلى المنصة أن مركز ستنس ممتلئ بالتحديثات. فالقنوات والشوارع عدلت للتعامل مع أحمال كبيرة، ومنصات الاختبار نفسها جددت ودعمت لأن المنظومة SLS سوف تعرضها لإجهادات أكبر مما سببه أي صاروخ سابق. ويشرح ‹بيرد› قائلا: «إن القوى التي تنشأ هنا أشد من تلك التي تظهر أثناء الإطلاق الفعلي، لأن الصاروخ على منصة الاختبار لا يستطيع الإفلات من سحابة دخانه.» وخلال إشعال اختباري يدوم تسع دقائق تقريبا، تطلق آلاف الفوهات نفثات ماء عالية الضغط على جدران المنصة، ليس للتبريد، بل لتخميد الاهتزازات الشديدة التي لولا ذلك لعملت على تمزيق المنصة. وحتى قبل المنظومة SLS، لم يسمح ببناء منشآت للقطاع الخاص ضمن حدود 13 كيلومترا من المنصات، لأن موجات الصوت الصادرة عن الاختبار وحدها يمكن أن تصدعها. وسوف تولد محركات المنظومة SLS أقوى دفع صاروخي ظهر على الأرض على الإطلاق.

وعلى الطرف الآخر مباشرة من الحدود بين ميسيسيبي ولويزيانا، على بعد بضع ساعات عبر القناة (أو 45 دقيقة بالسيارة في حالتي)، تقع منشآت ميتشود التي زرتها في اليوم التالي. وخلافا لعزلة ستنس، تقع ميتشود في وسط منطقة صناعية على مشارف نيو أورليانز. ومن بعض النواحي، يعتبر موقع ميتشود مصنعا كغيره من المصانع، فهو يحتوي على محطات لحام ورافعات شوكية ورافعات برجية وصناديق قطع تبديل. فكل شيء فيه جاهز، ولكن على نطاق أوسع كثيرا.

وفي الداخل، تتلألأ ميتشود. فإذا تجولت في هذا المجمع تراه زاخرا بكل أجزائه بعُدد وآليات جديدة: **أذرع إنسالة**[1] برجية تستطيع أن تتحرك بسرعة خاطفة، ومنصات على دواليب ووسائل مناولة كالرافعات البرجية تنقل برشاقة مكونات تزن عشرات الأطنان من محطة إلى أخرى، ومنظومات ترتيب للقطع تضمن عدم انتهاء المحرك، الذي يتألف من مئات آلاف القطع، بقطعة زائدة أو ناقصة. فعندما تبني آلة قوية كمحرك الصاروخ SLS، يجب أن يكون التفاوت قليلا جدا مع انحرافات التجميع. ويقول ‹P. ويبس› [أحد مديري ناسا في ميتشود]: «إذا أعلمتنا منظومة تتبع القطع أن واحدة من تلك الحلقات الصغيرة جدا قد بقيت من دون تجميع، أوقفنا العمل

(١) robot arms؛ وإنسالة، نحت من إنسان-آلي، ومنها نشتق: **إنسالية** = robotic.



ضمن خلية اختبار هيدروستاتية في ميتشود، يضخ المهندسون الماءَ في خزان الأكسجين السائل لفحص التسرب. وفي الصاروخ الكامل التجميع، سوف يتوضع خزان الأكسجين السائل فوق خزان أكبر منه للهدروجين السائل، ويفصل بين الخزانين مقطع يدعى «ما بين الخزانين»[٦].

برمته إلى أن نجد السبب.»

إن كثيرا من المكونات التي سوف تركب في الصاروخ الذي يُصنع هنا، كانت قد صُنعت لمركبات أخرى. ويقول ‹W. گرستنماير› [معاون مدير ناسا الذي يقود جهودها البشرية لاستكشاف الفضاء]: «لن تكون لدينا مكونات مخصصة للمنظومة SLS فقط.» ويضيف ‹وييس› أن تجهيزات وطرائق التصنيع الجديدة يجب أن تجعل صنع تلك المكونات أقل تكلفة بكثير مما كانت عليه في الماضي. وتتضمن التحديثات **آلة لحام بالاحتكاك الدوراني**[١] بحجم خزان ماء البلدية البرجي. ويمكن إدخال قطعتين من الصاروخ من خلائط الألومنيوم الضخمة في هذه الآلة الضخمة لتقوم الثاقب بجمعهما معا. إنها أكبر آلة من نوعها في العالم.

إن المنظومة SLS تتجاوز أيضا تقانة المكوك من نواح عدة أخرى. فلتحليل الإجهادات الناجمة فيها عن الارتجاجات الجانبية وغيرها من أوجه عدم الاستقرار **الإيروديناميـ**[٢] أثناء الصعود في الجو، استخدمت ناسا آخر ما تم التوصل إليه من برمجيات ديناميك السوائل. فمن دونها، كان على المهندسين إعادة تصميم الصاروخ لتوفير مزيد من مقاومة الإجهاد وتحقيق هامش أخطاء أكبر بكثير. ويضاف إلى ذلك أن إلكترونيات الطيران ووسائل التحكم الرقمي الجديدة، اللتين تعتمدان على **شيپات حاسوبية**[٣] أحدث بعدة أجيال من تلك المستعملة في مكوك الفضاء، سوف تمكنان من **تحليق مُؤتمت**[٤] وتحكم في المحركات يجعلها تستجيب بسرعة تزيد بمرات كثيرة للتغيرات المفاجئة والظروف الخطرة.

وسوف تحلق المنظومة SLS بمحركات متبقية من المكوك في التحليقات الأربعة الأولى، إلا أنه سوف تكون ثمة حاجة إلى صنع نماذج جديدة بدءا من عشرينات هذا القرن. ولتوفير تلك النماذج، تستعمل ناسا آلات سوف تنتج الآلاف من **شفرات العنفات**[٥] التي لا يتعدى حجمها حجم القطعة النقدية، وذلك باللحام الليزري لمسحوق معدني كي يأخذ الأشكال الصحيحة، بدلا من تشغيلها إفراديا، وهذا ما يقلص مدة إنتاج الشفرات التي يحتاج إليها المحرك من سنة إلى شهر واحد. ويقول ‹گرستنماير›: «إننا نستعمل تحكما حاسوبيا

(١) friction-stir welding: عملية لحام في الحالة الصلبة (من دون صهر للمعدن) تستعمل فيها أداة دوارة ضاغطة على قطعتي المعدن اللتين يجري لحامهما، وتتولد حرارة في القطعتين نتيجة للاحتكاك فتطريهما، فتلتئمان تحت الضغط.
(٢) aerodynamic
(٣) computer chips
(٤) automated flight
(٥) turbine blades
(٦) "intertank"

في كل مكان لتقليص تكاليف اليد العاملة وتحسين الدقة.»

المنظومة SLS تستحق البناء(*)

عندما يصل برنامج المنظومة SLS إلى أوجِهِ، سوف يكون الهدف إنتاج صاروخين في السنة على الأقل، وقد يصل ذلك العدد إلى أربعة، وهذا إنتاج كمي في عالم الصواريخ. إلا أن ذلك سوف يتعذر إذا لم تستطع ناسا إقناع الجمهور الأمريكي بأن المنظومة SLS تستحق البناء.

ويمكن التعامل مع الاعتراضين الكبيرين، وهما أن مبلغ 18 بليون دولار هو مبلغ كبير جدا ليصرف على صاروخ، وأننا ينبغي أن نصب اهتمامنا على إرسال **مسابير** probes و**إنسالات** robots إلى الفضاء لإجراء بحث علمي بدلا من البشر، على أنهما وجهتا نظر. فمبلغ 18 بليون دولار ليس كبيرا جدا على وسائل لإرسال بشر إلى كوكب آخر وإعادتهم إلى الأرض، فتكلفة تحسين تدفق الحركة المرورية في بوسطن من خلال «**الحفريات الكبرى**[1]» تفوق ذلك المبلغ بمقدار الثلث. وإنه لمن السهل الادعاء بأن ثمة طريقة أخرى لفعل ذلك، إلا أن نجاحات ناسا وسجلات الأمان لديها قد رفعت من سقف الشروط، ومن غير المحتمل للجمهور الأمريكي أن يقبل باحتمالات أعلى لإخفاقات كارثية من أجل تقليص ما يساوي بضعة أجزاء من الألف من الميزانية الاتحادية.

عندما يتعلق الأمر بإرسال طاقم من الأبطال إلى الفضاء البعيد على أجنحة انفجار يجري التحكم فيه بشق الأنفس، فإن قدرا معينا من النزعة المحافظة ليس شيئا سيِّئا بالضرورة.

وفيما يخص الاكتفاء المسابير والإنسالات عوضا عن البشر، غالبا ما تطرح مسألة أن الكسب العلمي من المهمات الفضائية المأهولة بالبشر سوف يكون على الأرجح أكبر مما يمكن لمسبار أو إنسالة أن تحققه. غير أن المسوغ الحقيقي للرحلات الفضائية المأهولة هو اتخاذ إجراءات توسع الأرضية التي يمشي عليها الجنس البشري.

إن للمنظومة SLS كثيراً من المعجبين بها فعلا، ومنهم قيادة وكالة ناسا الحالية والعاملين فيها؛ وعدداً من خبراء الفضاء، وشريحة متنامية من الجمهور الأمريكي الذي أعجب كثير منه، في الشهر 2014/12، بالتحليق المداري الخالي من الأخطاء لكبسولة طاقم أوريون التي سوف توضع فوق الصاروخ SLS عندما تتوجه إلى الفضاء البعيد. وباستطاعة الخبراء منهم أن يدحضوا بسهولة دعاوَى المنتقدين، واحدة تلو أخرى.

هل نستعمل صواريخ أصغر لإرسال مكونات ووقود إلى الفضاء لتجميعها في المدار؟ ووفقا لحسابات ‹گرستنماير›، سوف تكون ثمة حاجة إلى نحو 500 طن من المواد لتنفيذ مهمة مأهولة إلى المريخ، وذلك إنجاز يمكن للمنظومة SLS تحقيقه بأربعة إطلاقات، في حين أنه يحتاج إلى دستين من إطلاقات صاروخ دلتا IV الذي بلغ أقصى ما يستطيع تحقيقه. ويؤكد ‹گرستنماير› أن كلاً من تلك الإطلاقات يزيد من مخاطر البرنامج قليلا، لأن أسوأ الأمور تحصل على الأرجح في الدقائق الأولى من أي مهمة. وإطلاقات صاروخ دلتا عُرضة أيضا للتأخير الذي يتراكم من إطلاق إلى آخر. وكما يقول ‹گرستنماير›: «لقد استعملنا نهج الإطلاقات المتعددة مع مكوك الفضاء لبناء محطة الفضاء، وكانت النتيجة أنه استغرق عقودا.»

إلا أن أهم عيب محتمل لنهج الإطلاق على دفعات صغيرة برأي ‹گرستنماير› هو المقدار الهائل من أعمال البناء اللازمة في المدار، ومنها بناء أماكن الإقامة ومركبات التنقل بين الكواكب وخزانات الوقود. وتلك مهمة شاقة في ضوء خبرتنا المحدودة بالعمل الشديد التعقيد للتجميع في الفضاء. ويقول ‹گرستنماير›: «سوف يكون لديك عدد هائل من عمليات الالتحام؛ وسوف تقوم بالصناعة في الفضاء. وبالتأكيد، لن تعمل بعض القطع على نحو صحيح، وسوف يكون من الصعب إصلاحها هناك. إنها تضيف قدرا هائلا من التعقيد والخطورة.» وسوف يُمكِّن الحجمُ الكبير للمنظومة SLS من تحميلها أحمالا عشوائية كبيرة تصل أبعادها إلى 10 أمتار، مثل لوحات الطاقة الشمسية وصفائف الهوائيات، التي لولا ذلك لوجب أن تطوى على نحو معقد، ومن ثم تكون أكثر عرضة للأذى والتعطل.

وثمة مزية كبيرة أخرى لطريقة الرفع الثقيل، وهي أن بعض الدفع الإضافي للصاروخ الكبير الحجم يمكن أن يحول إلى سرعات أعلى تجعل المركبة الفضائية تصل إلى وجهاتها بسرعة أكبر. وذلك واحد من الاعتبارات

(*) THE SLS IS WORTH BUILDING

(1) the "Big Dig": الاسم غير الرسمي لمشروع بناء نفق مروري في بوسطن بالولايات المتحدة.

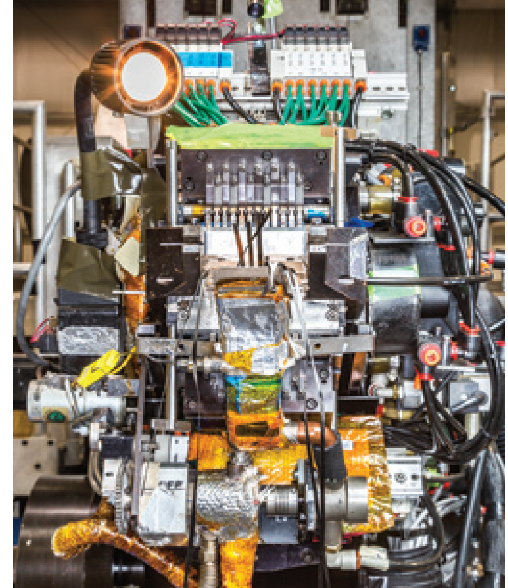
المهمة بالنسبة إلى المهمات المأهولة إلى المريخ، حيث يفرض التعرض للإشعاع ومتطلبات الإمداد حدودا عليا صارمة على مدة المهمة. وتستفيد المهمات الإنسالية البعيدة المدى من ذلك أيضا، لأن التخطيط لمهمات المتابعة يجب أن ينتظر وصول بيانات من المهمات السابقة بغية تعظيم العائدات العلمية. وهذا ينطوي على تأخير كبير في حالة تعدد الإطلاقات الخفيفة. ونظرا لأن طاقة المنظومة SLS كبيرة، فإنها تستطيع إرسال مهمات إلى الفضاء البعيد باستعمال وقودها الخاص بها، والاستغناء عن القذف القائم على جاذبية الكواكب الذي اتبع في مهمات **ڤويجر** Voyager و**گاليليو** Galileo.

ويقول <S. هبارد> [الأستاذ الاستشاري للطيران والتحليق الفضائي من جامعة ستانفورد]: «إن المنظومة SLS سوف تقلص المدة اللازمة لزيارة قمر المشتري يوروپا من ست سنوات ونيّف إلى سنتين ونصف. وسوف تشكل عاملا تمكينيا لمهمات علمية مهمة جدا.» أضف مدد الانتقال القصيرة تلك إلى كتل الشحنات الكبيرة وإلى مرونة التحميل، فتجد بين يديك مبررا قويا لصاروخ رفع ثقيل. وهذا يساعد على تفسير السبب الذي يدفع الصين وروسيا إلى العمل على تصاميم من نمط SLS.











يستعمل عمال ميتشود آلة حلقية مؤلفة من عدة مقاطع (أعلى اليمين) لصنع حلقات تربط فيما بين القبب والأسطوانات. ويمكن لـ «علبة الجعة» (أعلى اليسار) أن تُبقي المقاطع الأسطوانية في مكانها لاختبارها. ويرفع العمال لوحة ألومنيوم فوق الآلة التي تجمع غطاء مرحلة النواة الذي يأخذ شكل القبة (أسفل اليسار). وفي أسفل اليمين، توجد آلة تصنع قشرة من ألياف الكربون للكبسولة أوريون التي سوف تحملها المنظومة SLS إلى الفضاء.

وينطبق الشيء نفسه على الشركة SpaceX. لكن القطاع الصناعي الخاص ليس مصدرا طبيعيا لصواريخ الفضاء البعيد كما هو بالنسبة إلى صواريخ النقل بين الأرض ومحطة الفضاء الدولية. فليس ثمة من سوق قائمة أو منظورة لاستكشاف الفضاء البعيد غير بضع المهام التي خططتها ناسا مبدئيا للمنظومة SLS. وهذا يلغي فرصة الشركة SpaceX لتحميل تكاليف تطوير صاروخ دفع ثقيل إلى عدد من الزبائن التجاريين، على غرار ما حصل مع صواريخها الصغيرة. وكما يقول رائد فضاء ناسا السابق <S. بارازنسكي> الذي يتمتع بخبرات خمس مهمات للمكوك والموجود حاليا لدى جامعة أريزونا الحكومية: «بتجريد الشركة SpaceX من المزايا، فإنها لن تكون في موقع أفضل من موقع بوينگ ولوكهيد مارتين ومتعهدي صناعة الطيران والفضاء الآخرين المعهودين. إنهم متعهدون قادرون جدا، ولست أرى الشركة SpaceX مختلفة كثيرا.»

يمكن للتمسك بما هو مُجرَّب ومُختَبر، بدلا من الابتكار، أن يكون مدعاة إلى الإخفاق في مجال صناعة السيارات والهاتف الخلوي والبرمجيات، لكن عندما يأتي الأمر إلى إرسال طاقم من الأبطال إلى الفضاء البعيد على جناحي انفجار يجري التحكم فيه بشق

الأنفس، فإن قدرا معينا من نزعة المحافظة ليس شيئا سيِّئا بالضرورة. لقد عانت الشركة SpaceX عدةَ حوادث انفجارات وفقدان للتحكم في صواريخها الأولى، وهذا أمر طبيعي ومتوقع في تطوير التصاميم الجديدة. ففي الشهر 2014/10 قُتل أحد أفراد طاقم مركبة عندما تحطمت أثناء تحليق اختباري، وهذه المركبة كانت قد بنتها الشركة Virgin Galactic لنقل سياح إلى فضاء دون مداري، وذلك بعد ثلاثة أيام فقط من انفجار صاروخ غير مأهول، بنته الشركة Orbital Sciences، كان متوجها إلى محطة الفضاء الدولية.

وتذكر تلك الحوادث أن العمل بالصواريخ أمر صعب على الرغم من الخبرة المكتسبة على مدى عقود عديدة. فهو ينطوي على مخاطر كبيرة لكوارث حقيقية. وهذا هو أحد الأسباب الذي جعل المسؤولين في مؤسسة المريخ للإبداع[1]، وهي منظمة ذات تمويل خاص تحاول تسيير مهمة إلى المريخ، أن يكونوا من بين أولئك الذين اصطفوا وراء المنظومة SLS بعد تردد أوليّ. وهناك خبراء آخرون بشؤون المريخ يوافقون على ذلك. ويقول ‹هبارد›: «لقد تعرضت المنظومة SLS للانتقاد منذ اليوم الأول باعتبارها صاروخا لا هدف له. إلا أن لها الآن مهمات واضحة يمكن الدفاع عنها، وقد آن الأوان للجميع ليقفوا وراءها ويفكروا في كيف يمكن أن نكون متيقنين من أن كل شيء سوف يكون محط إجماع.»

سرعة الانفلات(*)

وعلى مدى 500 ثانية في ليلة باردة من الشهر 2015/1، أشعلت اختبارات محرك ضخم في مركز ستنس الفضائي كرةً من النار. لقد كان أول اختبار لمحرك مكوك R-25 منذ عام 2009، وسارت الأمور على نحو مثالي. وإذا استمرت الاختبارات الناجحة بالتتالي، فإن الزمن قد يكون حليفا للصاروخ SLS. وكلما طالت مدة البرنامج، إذا بقي ضمن الموازنة والخطة الزمنية، كان ذلك أقوى للدلالة على أنه برهان على المبدأ. ففي السنوات الثلاث الأولى، حقق البرنامج تقدما سلسا وسريعا، حيث مَرّ عبر مراجعات للتصميم ودخل خطوات التصنيع الأولى. وذاك إنجاز سريع جدا لصاروخ رئيسي جديد سوف يحمل البشر. ولم تظهر في البرنامج سوى أعطال قليلة، وكانت فجواتُ العزل أسوأها تقريبا، وقد جرى إصلاحها بسرعة بطبقة من مادة لاصقة.

تقول ‹J. جونسون-فريز› [الأستاذة المتخصصة بالفضاء من الكلية الحربية البحرية الأمريكية]: «يمكن لأي شيء أن يحصل في السنوات القادمة بوجود رئيس وكونگرس جديدين. وربما يحدث إجماع ضمن الحكومة على أننا يجب أن نتخلى عن المريخ حاليا ونركز الاهتمام على إقامة قاعدة أقرب قليلا إلى الأرض.» وتضيف قائلة: «لدى البعض في واشنطن توق غير معقول تقريبا إلى القمر». ويرى آخرون أن على ناسا أن تنسى كلاًّ من القمر والمريخ في الوقت الحاضر وتركز اهتمامها على الكويكبات، لا لأنها يمكن أن تعطي أجوبة عن أسئلة مهمة عن أصول المنظومة الشمسية، بل لأننا يمكن أن نتعلم أيضا كيف نغير مسارها أو ندمر أيا منها يمكن أن يكون متوجها نحو الأرض.

إلا أن سحر المريخ يبقى طاغيا. وقد تنامى ذلك السحر مؤخرا مع إدراك مزيد من الناس لأول مرة أننا يمكن أن نصل إلى ذلك الكوكب الأحمر أثناء حياتهم. ويقول ‹پارازنسكي›: «إننا جميعا نُحب أن نرى أنفسنا هناك، أما المهمات الأخرى فيمكن أن تكون مضيعة للوقت.» وقد عبّر عن قلقه إزاء المنظومة SLS، لا لأنه يرى أنها طريقة سيئة للذهاب إلى المريخ، بل لأنه يخشى من أن نتخلى عنها قبل الذهاب إليه لأن تكاليفها كبيرة ولا يبدو تحقيقها ماثلا في الأفق.

حاليا ليست ثمة عوائق منظورة أمام المنظومة SLS. وذلك الادعاء وحده الذي لا يمكن أن يُطلق على أي مقترح لصاروخ آخر للذهاب إلى المريخ، يمكن أن يضمن أن المشروع سوف يصمد. فمن المؤكد أن المنظومة SLS بُنيت بتفويض من الكونگرس. ومع أنها تفتقر إلى الحماس الذي يمكن أن ينجم عن خطط منافسة، إلا أن ثمة مؤشرات قليلة إلى أن العمل فيها سوف يجري وفقا للخطة، إضافة إلى أنه قد جرى تمويلها على المدى المنظور. وذاك يجب أن يكون جيدا بقدر كاف لجعلها الصاروخ الذي يأخذنا إلى المريخ. وإذا حصل ذلك، فإن الانتقاد سوف يُنسى سريعا. ■

(*) ESCAPE VELOCITY
(١) the Inspiration Mars Foundation

مراجع للاستزادة

Pale Blue Dot: A Vision of the Human Future in Space. Carl Sagan and Ann Druyan. Random House, 1994.

NASA's Human Path to Mars. William Gerstenmaier. NASA, 2014. www.nasa.gov/sites/default/files/files/20140429-Gerstenmaier-Human-Path-Mars.pdf

NASA Strategic Plan 2014. NASA, 2014. www.nasa.gov/sites/default/files/files/FY2014_NASA_SP_508c.pdf

Scientific American, June 2015

من ذئب إلى كلب(*)

يتسابق العلماء إلى حلّ لغز دام طويلاً عن كيفية تطور آكل اللحوم الضخم الخطر ليصبح أفضل صديق لنا.

<V. مورِلّ>

عندمـــا كنتَ تعتني بالكلاب والذئـــاب البرية منذ أن كانت صغيـــرة لا تتجـــاوز أعمارها الأســـبوع وأرضعتها برضاعة الحليب ورعيتها ليلا ونهارا، كنتَ تعي تماما الاختلافات بينها. ومنذ عام 2008، قامت عالمة السلوك <Z. ڤيراني> [من مركز علوم الذئب في النمســـا] وزملاؤها بتربية النوعين كليهما من أجل التوصل إلى الإجابة عن الســـؤال «ما الذي يجعل الكلب كلبا والذئب ذئبا؟» وفي هذا المركز، يراقب ويدرس الباحثون أربع مجموعات من الذئاب وأربع مجموعات من الكلاب، تتكون كل مجموعة منها بين حيوانين إلى ستة حيوانات. وقام الباحثون بتدريب الذئاب والكلاب لتطيع أوامر أساســـية لتمشـــي وهي تحمل طوقا في رقبتها وتستعمل أنفها لتنقر شاشة الحاسوب كي تتأهل لفحوص الإدراك. ومع أن هذه الذئاب عاشـــت مع الباحثين وتعاملت معهم سبع سنوات، إلا أنها احتفظت بعقلية وسلوك مستقلين بما لا يشبه الكلاب.

تقـــول <ڤيرانـــي>: «اترك قطعـــة من اللحم علـــى الطاولة وقـــل لواحد من كلابك كلمـــة لا! إنه لن يأخذها.» لكن الذئاب تتجاهلـــك. إنها تنظر إلى عينيك وتنتـــزع قطعة اللحم. فهذه تجربة مربكة جازمة مرت بها <ڤيراني> في أكثر من مناسبة. وعندما حدث ذلك، تســـاءلت مرة أخـــرى كيف أصبح الذئب كلبا مستأنسا.

وتســـتطرد <ڤيراني> قائلة: «لا يمكنـــك أن تقتني حيوانا لاحما كبيرا ليعيش معك ويتصرف بهذا الشكل، فأنت تحتاج إلى حيوان مطيع مثل الكلب يتقبل كلمة 'لا'.»

لقد اكتشـــف باحثـــو المركز أنه من الممكـــن أن يكون فهم الكلب لكلمـــة «لا» بالمطلق مرتبطا بتركيبـــة **مجموعته** pack، وليس كما هو بمفهوم المســـاواة عنـــد الذئاب الذي هو مفهوم استبدادي أمري. ولاحظت <ڤيراني> أنه من الممكن أن تتناول الذئـــاب طعامها مع بعض، وأن الذئـــاب التابعة و**الأقل مرتبة** subordinate (ذئـــاب المرتبة الثانية والثالثة... إلخ) لا تبتعد عن الطعام حتى ولو كشَّـــر ذئب **مُهيمِن** dominant وكشـــف عن أنيابـــه وأصدر هديرا أو دمدمة علـــى الذئاب الأقل منزلة. إن هذا السلوك ليس صحيحا بين جماعات الكلاب، لكنني لاحظت أن الكلاب المرؤوســـة نادرا ما تأكل في الوقت نفسه مع الكلب المهيمن وحتى أنها لا تحاول ذلك. وتشير دراساتهم أيضا إلى أنه بدلا من أن تتوقع المشاركة في نشاطات ومهام مع البشر، فإن الكلاب تريد، بكل بساطة، أن يقال لها ما يجب فعله.

كيف تحول الذئب المســـتقل ذهنيا إلـــى كلب مطيع ينتظر الأوامـــر؟ وما الدور الذي أدّاه الإنســـان القديم لتحقيق هذا العمل الفذ الذي حيّر <ڤيراني> التي تقول: «أحاول أن أتصور كيف فعلوا ذلك، إنني حقيقةً غيرُ قادرة على ذلك.»

ليســـت <ڤيراني> الوحيدة في حيرتهـــا. ومع أن الباحثين نجحـــوا في تحديـــد زمان ومكان وأســـلاف معظـــم الأنواع المستأنســـة من خراف وماشـــية إلى الدجاج، وحتى خنازير غينيا، إلا أنهم لا يزالون في جدال حول أحســـن صديق وفيّ

(*) FROM WOLF TO DOG

باختصار

كان الكلب النوع الأول الذي استأنسه الإنسان. وعلى الرغم من ســـنوات عديدة من البحث العلمي، لا يزال العلماء في صراع لمعرفة أين حدث ذلك ومتى وكيف.

ألقت **دراسات حديثة حول الدنا** DNA الضوء على أسلاف الكلب الذئبي، وكذلك هناك مشـــروع طموح في الطريق من أجل التوصل إلى التوقيت والمكان الذي حصل فيه استئناس الكلب.

و**أمثال هذه الرؤى** ستكمل الأدلة حول كيفية تحوّل العلاقة بين الإنسان والكلب عبر الآلاف السنين اللاحقة.





لنـا وهو **الكلب المستأنس** Canis familiaris. ويدرك العلماء أيضا لماذا طوّر البشـر تلك الحيوانات المستأنسة – من أجل الحصـول على مصدر طعام ليكون في متناول اليد – إلا أنهم مازالـوا لا يعرفـون ما الذي ألهمنا للسـماح لآكل لحم كبير ليصبح عضوا في الأسرة. ومع ذلك كانت الكلاب أول الأنواع المستأنسة، لكنه لا يزال هناك غموض حول لغز أصلها.

ومن أجل حلّ الغموض الذي يلف هذا اللغز، يقوم العلماء بربـط الأمـور بعضها ببعـض. لقد توصـل العلماء، خلال السـنوات القليلة الماضية، إلى اكتشـافات عديدة، ويمكنهم القول الآن بثقة، بعكس الأقوال المتناقلة، إن الكلاب لم تنحدر مـن نوع الذئب الرمادي الذي لا يزال يعيش في معظم أنحاء النصف الشمالي للكرة الأرضية، من ألاسكا وسيبيريا ليصل إلى المملكة العربية السـعودية، إنما تنحدر من ذئب منقرض غيـر معروف. كذلك فإنهم متأكدون من أن هذا الاسـتئناس حدث عندما كان الإنسان لا يزال **صيادا-جامعا**[1] وليس بعد أن اعتمد على الزراعة، كما اقترح بعض الدارسين.

وفـي أي زمان وفي أي مكان أصبحت الذئاب كلابا؟ وما إذا كان قـد حـدث ذلك مرة واحدة فقـط؟ إنها مجموعة من الأسئلة قام فريق كبير من الباحثين مكوّن من علماء متنافسين بصياغتها وبـدؤوا بمعالجتها. ويقوم هـؤلاء الباحثون الآن بزيارة المتاحـف والجامعات والمعاهد في جميع أنحاء العالم لدراسـة ما تحويه من **مسـتحاثات الكلبيـات**[2] وعظامها، ويطلعـوا علـى العينات الجينيـة للكلاب والذئـاب القديمة والحديثة للقيام بأوسع دراسة مقارنة شاملة حتى الآن. وعند الانتهاء من هذه الدراسـات، سـيصبح العلماء قريبين جدا مـن معرفة متى وأين بدأت الذئـاب طريقها لتصبح مرافقتنا المؤتمَنة، حتى ولو لم يعرفوا بالضبط كيف. وستتم الإجابات عن هذه الأسـئلة بسـبب الكم المتنامي لما سنعرفه عن كيف يتأثر البشر والكلاب، بعد أن صيغت وتوطدت هذه العلاقة.

إشارات مختلطة(*)

عندما وصل الإنسـانُ الحديث إلى قـارة أوروبا، ربما قبل نحو 45 000 سـنة، واجه الذئـبَ الرمادي وأنماطا أخرى من الذئـاب، بما في ذلـك الذئبَ الضخم الذي طـارد حيوانات الصيد الكبيرة مثل **الماموث**[3]. وفي ذلك الزمان كانت الذئاب قد أثبتت أنها من الأنـواع الأكثر نجاحا وتأقلما في فصيلة **الكلبيـات** the canid، حيث انتشرت عبر أوراسيا إلى اليابان

(*) MIXED SIGNALS
(١) hunter-gatherers
(٢) canine fossils
(٣) mammoths



المؤلفة

Virginia Morell

‹مورل› كاتبة علوم مــن ولاية أوريون. وتقوم ‹مــورل› بتغطية مواضيع التطور وسـلوك الحيوان فـي مجلتـي **العلـوم** Science و**الجغرافـي الوطنـي** National Geographic إضافة إلى مؤلفات أخرى. وآخر مؤلفاتها هو كتاب «حكمة الحيوان»[1] الذي نشرته دار التاج Crown للنشر عام 2013.

والشـرق الأوسـط وشـمال إفريقيا. وهي لم تتقيد بالعيش في نمـط بيئي واحد، بـل ازدهرت في التوندرا والسـهوب والصحاري والغابات والمناطق السـاحلية والمناطق المرتفعة فـي هضبة التيبت. وقد تنافسـت مع البشـر الذين وصلوا حديثا من أجل الفريسـة نفسـها – الماموث والغزال والثور البري ووحيد القرن الصوفـي والظباء والخيل. وعلى الرغم مـن هذا التنافس، كان يبـدو أن هناك نوعاً من الذئاب، ربما نسـل الذئب الضخم، بدأ بالعيش قرب المجتمعات البشرية. واتفق العلماء، لسـنوات عديدة، بناءً على أجزاء صغيرة من **الجينـوم (المادة الوراثية)** genome، على أن هذا النوع كان **الذئب الرمـادي الحديـث** Canis lupus وأن هـذا «**الكلبي**» canid وحده هو الذي تطور وأعطى الكلاب.

إلا أن علماء الوراثة اكتشـفوا في الشـهر 2015/1 أن هذه «الحقيقة» التـي صمدت لفترة طويلة خاطئـةٌ. فقد نتجت من التهجـين المتكرر بين الذئاب الرمادية والكلاب التي تتشـارك بنحو 99.9% من **دناهم** their DNA، إشارات مضللة للدراسات الأولـى. ولا يزال مثل هذا التزاوج بين النوعين مسـتمرا إلى يومنا هذا: كانت الذئاب ذات الفرو الأسود تستقبل جينات هذا اللون من الكلاب كما كانـت كلاب الراعي في جبال جورجيا القوقازية تتزاوج بالذئاب المحلية التي كانت أسـلافها الهجينة موجودة في جماعات النوعين، وأن 2-3% من نماذج الحيوانات المدروسـة كانت تشـكل أولى الجماعـات الهجينة من الجيل الأول. (زيادة في موضوع الامتزاج الوراثي، نشـر الباحثون في عدد الشـهر 6 مـن مجلة علم **الحياة المعاصـرة** Current Biology مقالاً حول تسلسل **الدنا** DNA **لمستحاثة**[2] ذئب يبلغ عمرها 35000 سـنة تم الحصول عليها من سيبريا، يبدو «في المقـال» أن هذا النوع قد أسـهم في دنا الـكلاب التي تعيش في خطوط العرض المرتفعة مثل كلاب الإسـكيمو عبر التزاوج البالغ في القدم.)

لقد بَيَّن تحليل جميع **جينومات** genomes الكلاب والذئاب الحية الذي نشر في الشهر 2015/1، بأن فصيلة كلاب **الفيدو** Fido ليسـت من سلالة الذئب الرمادي الحديث. وعوضا عن ذلك يصنـف النوعين في مجموعتـين قريبتين من بعضهما، وقـد انحدرا من سـلف غير معروف يفتـرض أنه منقرض. ويقـول ‹R. وين› [عالم وراثة التطور مـن جامعة كاليفورنيا فـي لوس أنجلوس]: «كانت وجهة نظر اسـتمرت فترة طويلة بأن الذئـب الرمادي الذي نعرفه الآن كان موجودا منذ مئات آلاف السنين، وأن الكلب انحدر منه». ويستطرد ‹وين› قوله: «نحن مندهشون من أن ذلك غير صحيح». وقد ترأس ‹وين› أول دراسـة جينية اقترحت وجود علاقة الأسلاف-الأنسال بـين النوعين، وحديثـا كان واحدا من بين 30 مؤلفا نشـروا آخر دراسـة في مجلة المكتبة العامة للعلوم – جينيات PLOS Genetics تزيل زيف هذه الفكرة.

ومن الممكن أن تظهر مفاجآت أكثر نتيجة للجهود المتكررة من أجل حسم قضية زمان اسـتئناس الكلاب ومكانه. لقد تركت الدراسات السـابقة آثارا مشوشة. وركز أول تحليل أُجري في عام 1997 على الفروق الجينية بين الكلاب والذئاب الرمادية، واستنتج من هذه الدراسة أن الكلاب قد استؤنست قبل 135000 سنة. وأشارت دراسة نشرت فيما بعد، اشترك فيهـا بعض الباحثين من المجموعة نفسـها، إلى أن الكلاب قد نشـأت في الشرق الأوسـط. لكن تحليلا آخر نشر عن نتائج دراسـة 1500 عينة من دنا الـكلاب الحديثة في عام 2009، حاول الباحثون في هذه الدراسة أن يبرهنوا على أن أول اسـتئناس للكلاب حدث في جنوب الصين قبل أقل من 16300 سـنة. بعد ذلك قارن فريق من العلماء في سنة 2013 **المادة الوراثية الميتوكوندرية**[3] للكلاب الأوروبية القديمة والـكلاب الأمريكيـة والذئاب بما لـدى نظيراتها الجديدة. واستنتجت الدراسة أن الكلاب نشأت في أوروبا قبل ما بين 32000 و19000 عام.

ويقول عالم التطور ‹G. لارسـون› [من جامعة أكسفورد] الذي سـاهم حديثا في إطلاق برنامـج متعدد المعارف حول اسـتئناس الكلاب، إن الدراسات السـابقة، على الرغم من أهميتهـا إلا أنها لا تزال قاصرة عـن إعطاء إجابة واضحة. وقد بيّن ‹لارسـون› أخطاء دراسات عام 1997 و 2009 بسبب اعتمادها بشـكل خاص فقط على دنا الكلاب الحديثة وعلى عـدد محدود من العينات من مواقع جغرافية محدودة. ويقول ‹لارسون›: «لا نستطيع حل هذه المشكلة باستخدام الحيوانات الحديثة فقط كنافذة للنظر إلى الماضي». ويتابع ‹لارسـون› قوله: «إن الدراسـات المعتمدة على دنا كلب حديث غير كافية

(1) Animal Wise
(2) fossil
(3) the mitochondrial genomes

لأن الناس كانوا يتنقلون ويهجنون الكلاب مرات عديدة في معظم أنحاء العالم؛ مما نتج منه تلطيخ أو تغيير في **موروثها الجيني**[1].» إن أي إشارات إقليمية من الممكن أن تساعد على تعرف مكان الاستئناس الذي فُقِد منذ زمن بعيد.

ولكي تصبح الصورة أكثر ضبابية، يشرح ‹لارسون› قائلا: «تنتشر الذئاب بشكل واسع في أنحاء العالم». وبالمقابل، يشير هذا العالِم إلى أن مدى انتشار أسلاف معظم الأنواع الأخرى المستأنسة مثل الخراف والدجاج هو أقل، وبذلك يكون تعقب أصولها أكثر سهولة.

ويظن ‹لارسون› أن جماعات مختلفة جغرافيّا من أسلاف نوع الذئب ساهمت في تكوين الكلب الحديث. وهذا الحدث ليس الوحيد من نوعه، حيث بيّن ‹لارسون› أن الخنازير قد استؤنست مرتين، مرة في الشرق الأدنى ومرة في أوروبا. وبشكل مثير للاهتمام، تلمح أحافير مُحيّرة من بلجيكا وجمهورية التشيك وجنوب غرب سيبيريا تعود إلى 36000 و 33000 سنة خلت، إلى ملامح خليط ذئب وكلب، إلى إمكانية حصول ثلاثة أحداث مستقلة لمحاولات استئناس من ذئب سلف. إلّا أن الخصائص التشريحية لهذه الأحافير وحدها لا تستطيع الإجابة عن السؤال «من أين أتى الكلب؟»



اجلس وابق: كلب في مركز علم الذئب خارج مدينة ڤيينا في النمسا ينتظر الإذن كي يأكل. وتفتقر الذئاب، حتى التي ربّاها البشر، إلى احترام سلطة الإنسان.

ومن أجل حل لغز استئناس الكلب يستخدم ‹لارسون› ومشاركوه طريقتين أساسيتين في دراسة الخنازير: إنهم يقومون بتحليل شامل لآلاف العينات من دنا الكلاب والذئاب الحديثة والقديمة من أفراد من جميع أنحاء العالم، ويستخدمون أيضا طريقة جديدة لقياس العظام تدعى **المقاسات الشكلية الهندسية**[2]. وتساعد هذه الطريقة العلماء على تقييم صفات معينة، مثل انحناءات الجمجمة، وبذلك تكون أفضل لمقارنة عظام الأفراد. واعتمد الباحثون سابقا بالمقام الأول على طول **خطم** snout الكلبيات وحجم الأنياب من الأسنان من أجل تمييز الكلاب عن الذئاب. وبشكل عام تكون خطوم الكلاب أقصر وأنيابها أصغر وأسنانها أكثر ازدحاما من الذئاب. ويجب أن تشير هذه الطريقة الجديدة إلى فروق أكثر. كما يجب أن تعطي هذه الطرق معا تفاصيل أكثر دقة حول استئناس الكلب أكثر من أي طريقة أخرى حتى الآن.

مقاربات أقرب[*]

مع أن الأسئلة حول أين ومتى تم استئناس الكلاب لا تزال مفتوحة، توجد لدى العلماء الآن فكرة عامة عن طبيعة المجتمع البشري الذي كان قد أقام أول علاقة وثيقة بالكلاب. وربما ليس من المدهش أيضا أن هذا التساؤل قد أثار جدلاً عبر السنين. ويحاول بعض الدارسين قبول أن المجتمعات الزراعية المستقرة كانت لها الأولوية.

وعلى كل حال دخلت أنواع أخرى من الحيوانات المستأنسة عالم الإنسان بعد أن بدأ يعتمد على الزراعة والاستقرار. إلا أن باحثين آخرين نسبوا ذلك إلى مجتمعات صيادين-جامعين آخرين نظرا لاقتنائهم الكلاب أولا. ويقول ‹وين› إن أحدث دراسة قام بها فريقه حول الدنا قد أنهت هذا الجزء من النقاش. وهو يؤكد أن «استئناس الكلب حدث قبل الثورة الزراعية»، ويؤكد كذلك أن ذلك قد حدث عندما كان البشر لا يزالون صيادين-جامعين»، قبل منذ نحو 32000 إلى 18000 سنة. (يعتقد أن الزراعة قد بدأت بشكل واسع في الشرق الأوسط قبل 12000 سنة تقريبا.)

ويعيدنا هذا الاكتشاف إلى الأسئلة التي طرحتها ‹ڤيراني› ومعظم الأشخاص الذين يقتنون كلاباً ويحبونها. كيف فعل ذلك هؤلاء الصيادون-الجامعون ذلك؟ وهل فعلوا؟ وإذا ما كانت الكلاب الأولى – التي من المهم أن نتذكر أنها قد تبدو أكثر قربا إلى الذئاب منها إلى الكلاب – قد أصبحت كما هي عليه الآن؟

ويعود الجنس Canis إلى ما يقارب 7 ملايين سنة، ومع أن بعض أفراد تلك المجموعة مثل ابن آوى والذئب الإثيوبي عاشت في إفريقيا التي تُعد مهد ميلاد الإنسان، إلا أنه لا يوجد أي دليل على أن البشر الأوائل قد حاولوا استئناس أي منها. ولم تنشأ العلاقة الثلاثية بين الإنسان والكلب والذئب إلا بعد أن انتشر الإنسان الحديث من إفريقيا إلى أوروبا

(*) CLOSE ENCOUNTERS
(1) genetic heritage
(2) geometric morphometrics

قبل 45 000 سنة.

وجـاءت تلميحـات حـول تطور العلاقـة بـين الكلبيـات والإنسـان الحديـث مـن سـجلات أحفوريـة وآثارية. لنأخذ مثـلا بقايا الكلبيات التي اكتشفت بين عامي 1894 و1930 فـي منطقة بردموسـتي Předmostí، وهي مسـتوطنة عمرها 27000 سنة تقريبـا تقع فـي وادي بِكاڤا Bečva وهي الآن جزء من جمهورية التشيك. ويُطلق على هؤلاء الناس القدماء الذين عاشـوا وماتوا في هذه المنطقة اسم **الگرافتيين** the Gravettians نسبة إلى موقع شـبيه من ناحية الآثار الثقافية فـي لاگراڤِت La Gravette بفرنسـا. وكان الگرافتيون التشـيك صيادين **للماموث** mammoth، حيـث قتلـوا أكثر من ألـف من هـذه الحيوانات الضخمـة في هـذا الموقـع وحده. وكانـوا يقتاتون بلحـم هذا الحيوان الضخم ويسـتخدمون عظام أكتافها لتغطية بقايا بشـرية ويزينون أنيابها بالنقوش. كذلك كانوا يقتلون الذئاب. وتمثـل الكلبيات أكثر أنواع الثدييات في هذا الموقع بعد الماموث، وتتضمن بقاياها سبع جماجم كاملة.

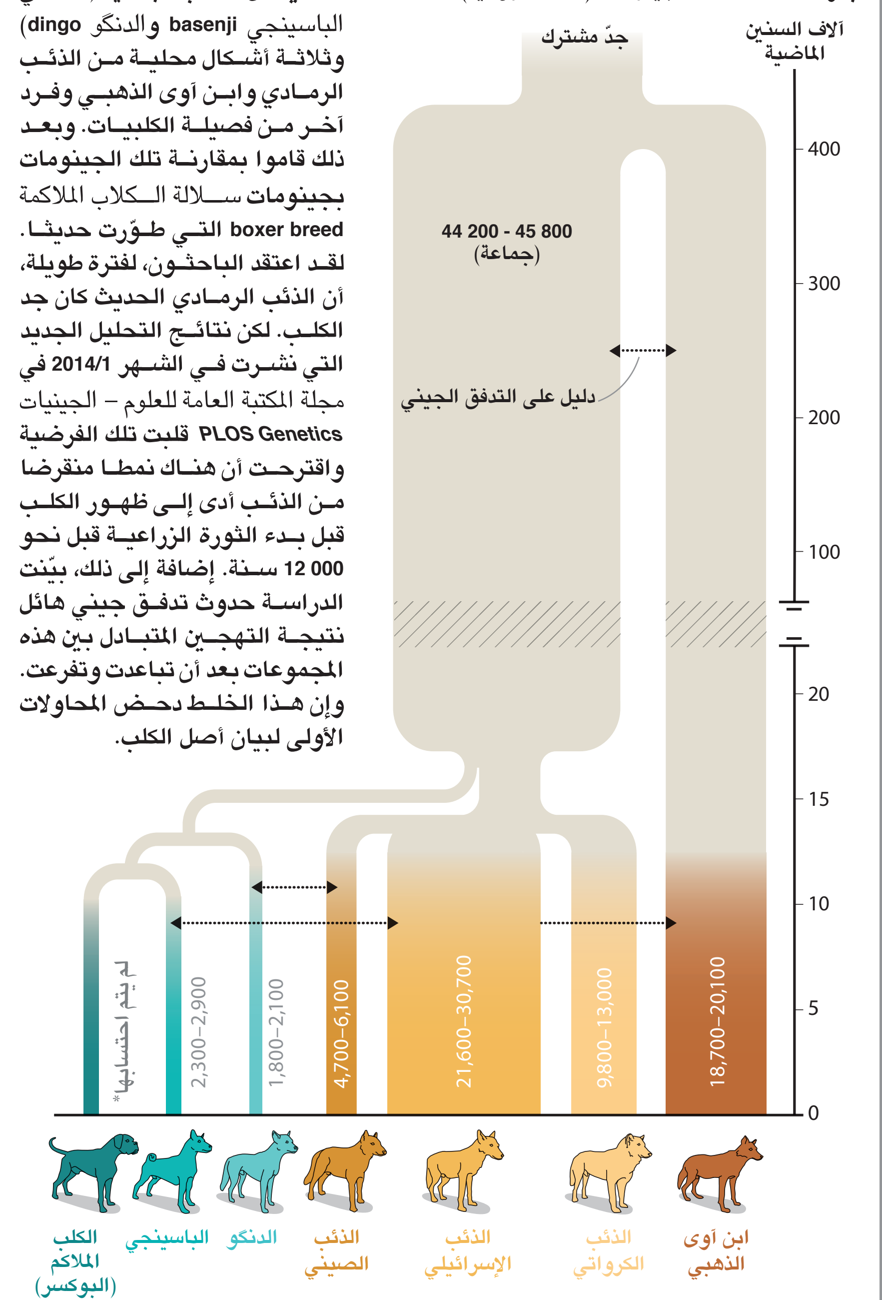
إلا أن هنـاك بعـض الجماجـم لهذه الكلبيات لا تشبه تماما جماجم الذئاب. وتقول <M.> گرمونپري> [عالمة الأحافيـر من المعهد البلجيكي الملكي للعلوم الطبيعية في بروكسـل]: «إن هنـاك ثلاث جماجم مختلفة بشـكل ملفت. ولدى مقارنتها بجماجم الذئاب التي عثر عليها في موقع بريدموستي، تبين أن هذه الجماجم الثـلاث غير اعتيادية من حيث إن لها **خطماً** snout أقصر ووعاء دماغ أوسع وأسناناً متراصة.»

وتقول <گرمونپري> وآخرون إن هذه التغيرات التشريحية هي أولى علامات الاسـتئناس. لقد وجدت تغيرات مشـابهة فـي جماجم **الثعالـب الفضيـة**[1] التي كانـت محور تجربة مشـهورة طويلة الأمد في جامعة نوڤوسيبيرسـك بروسـيا؛ حيث قام الباحثون منذ عام 1959 باختيار الثعالب لترويضها وإكثارها. وعبـر الأجيال تغير فراؤها ليصبح منقطا وآذانها مرنـة وأذنابها معقوصة وخطومها أقصر وأعرض. ومع ذلك كان العلماء يقومون بدراسـات حول السلوك فقط. وشوهدت

مكتشفات

تاريخ معقد(*)

من أجل إعادة بناء تطور الكلب قام <وين> وزملاؤه [من جامعة كاليفورنيا في لوس أنجلوس] بدراسـة تسلسـل الجينومات (المادة الوراثية) genomes **لسلالتين من الكلاب البدائية (سلالتي** الباسينجي basenji والدنگو dingo) **وثلاثـة أشـكال محلية مـن الذئـب الرمـادي وابـن آوى الذهبـي وفـرد آخـر مـن فصيلـة الكلبيـات. وبعـد ذلك قاموا بمقارنـة تلك الجينومات بجينومات** سـلالة الـكلاب الملاكمة **boxer breed** التـي طـوّرت حديثـا. **لقـد اعتقد الباحثـون، لفترة طويلة، أن الذئب الرمـادي الحديث كان جد الكلـب. لكن نتائـج التحليل الجديد التي نشـرت فـي الشـهر 2014/1 في** مجلة المكتبة العامة للعلوم – الجينيات **PLOS Genetics قلبت تلك الفرضية واقترحـت أن هنـاك نمطـا منقرضا مـن الذئـب أدى إلـى ظهـور الكلـب قبل بـدء الثورة الزراعيـة قبل نحو 12 000 سـنة. إضافة إلى ذلك، بيّنت الدراسـة حدوث تدفق جيني هائل نتيجـة التهجـين المتبـادل بين هذه المجموعات بعد أن تباعدت وتفرعت. وإن هـذا الخلـط دحـض المحاولات الأولى لبيان أصل الكلب.**



* لم يكن بالمستطاع تقدير حجم جماعة الكلب الملاكم (البوكسر) استناداً إلى البيانات المتاحة.

(*) A Complex History

(1) the silver foxes

تغيرات مشابهة في أنواع مستأنسة أخرى مثل الجرذان و**المينك** mink. كذلك، لا يزال على عاتق الباحثين أن يفسروا لماذا تتغير هذه الحيوانات المنصاعة بشكل مستمر وبهذه الطرق. ويعلم الباحثون أن الثعالب الفضية المروضة لها غدد فوق كلوية صغيرة وسويات من هرمون الأدرينالين أقل بكثير من نظرائها من الحيوانات البرية.

وفي عام 2014، توصل العلماء إلى فرضية معقولة: قد تمتلك الحيوانات المروَّضة عددا أقل من **خلايا العرف العصبي**[١] أو المشوهة منها. وتؤدي هذه **الخلايا الجنينية**[٢] دورا مهماً في تنامي الأسنان والفكوك والآذان والخلايا المفرزة للصبغات - إضافة إلى دورها في الجهاز العصبي، بما في ذلك **منعكس حارب أو اهرب**[٣]. وإذا كان هؤلاء العلماء صائبين، فإن جميع الصفات المستأنسة الجذابة، مثل الفراء المنقط والأذناب المعقوصة والآذان المرنة، ما هي إلا آثار جانبية للاستئناس.

وتعتقد <كرمونبري> أن الاستئناس الذي حصل في بردموستي ما هو إلا حدث انتهى بطريق مسدود، وتشكك في أن هذه الحيوانات ذات صلة بكلاب الوقت الحاضر. ومع ذلك، تقول <كرمونبري>: «هي كلاب - كلاب العصر الحجري»، وتستطرد وتقول إن هذه الكلاب القديمة يحتمل أنها كانت تشبه كلاب الإسكيمو الحالية، إلا أنها قد تكون أكبر حجما، يقارب حجم الواحد منها كلب الراعي الألماني. وتطلق <كرمونبري> على نماذج بردموستي اسم «كلاب» لأنها تصورت وجود بعض العلاقة بين الكلبيات والكراڤتيين. وعلى سبيل المثال، تم، وفقا للمذكرات الأصلية للحفار المكتشف، العثور على الفك السفلي لكلب بالقرب من هيكل عظمي لطفل.

وكانت الكلاب تدخل ضمن طقوس بطرق لا تمارسها أنواع أخرى. وفي حالة واحدة، قام الكراڤتيون بدسّ ما هو على الأرجح قطعة من عظام الماموث بين الأسنان الأمامية لجمجمة أحد الكلاب بعد موت الحيوان ورتبوا فكيه بحيث تم تثبيتهما معا على العظمة. وتظن <كرمونبري> بأن صائد ماموث قديماً قام بوضع العظمة كجزء من طقوس لها علاقة





حياة الكلب: كلاب يبلغ عمرها تقريبا 27 000 سنة من موقع بردموستي في جمهورية التشيك، يبدو أنه جرت تربيتها من أجل الأضحية (الجمجمة في الأعلى)، وكلاب قام شعب التشيريبايا في البيرو بتربيتها منذ 1000 سنة بُجِّلت ككلاب رعي (المومياء في الأسفل).

بالصيد، أو كتبجيل من الصياد أو من أجل تمكين الكلب في الحياة الآخرة. وهي تقول: «يمكن أن تشاهد مثل هذه الممارسات في سجلات الرسومات الإثنولوجية»، مستشهدة بمثال عن مراسم قبائل الشوكشي Chukchi في سيبيريا لامرأة توفيت في بداية القرن العشرين، تمت التضحية بوعل الرِّنّة ووُضعت معدته في فم رأس كلب ميت، ووضع بشكل ما من أجل أن يحمي المرأة في رحلة موتها.

ويتصور كثير من الباحثين أن هؤلاء الأوائل قرروا جعل الذئب كلبا لمساعدتهم على صيد الطرائد الكبيرة. وفي كتابها «الغزاة»[٤] الذي نشرته مطبعة جامعة هارڤارد في بداية هذه السنة، ترى عالمة علم الإنسان <P. شيبمان> أن الكلاب الأولى (أو الكلاب الذئبية، كما يطلق عليها) كانت مثل التقانة الحديثة المتناهية القوة وساعدت الإنسان الحديث صياد الماموث على أن ينافس رجل الكهوف القديم **النياندرتال** the Neandertal. إلا أنها <وين> و<لارسون> وآخرين يظنون أن الذئاب قد انضمت إلى البشر من تلقاء نفسها، ونتج من ذلك أن **النابي** canny، وهو من الكلبيات المتأقلمة الذي تعرف على البشر على أنهم **موئل بيئي** ecological niche جديد يستطيعون استغلاله. أما السيناريو البديل، مع أنه فكرة خطرة، فهو أن الإنسان أغار، وبدون أي اعتبار، على أوكار الذئب لسرقة الجراء الصغيرة التي يمكنه ترويضها. إذ إن تربية الذئاب في المخيمات مع الأطفال الصغار قد تُشكل مخاطر كبيرة.

ويلخص <لارسون> الأمر بقوله: «نحن لم نستأنِس في البداية عن قصد». وهو يعتقد أنه يبدو أن الذئاب، على الأرجح، بدأت تلاحق البشر للسبب نفسه الذي يجعل النمل يدخل إلى مطابخنا من أجل الوصول إلى المصادر الغذائية الموجودة في المخلفات البشرية. ومع الوقت أصبحت بعض الذئاب المرابطة في المخيمات بالتدريج لا تخاف من البشر، والعكس صحيح،

(١) neural crest cells
(٢) embryonic cells
(٣) fight-or-flight response
(٤) The Invaders



برية بالفطرة: كيف بدأت بالضبط رحلة تحول سلف الكلب الذئب ليصبح رفيقنا المؤتمن قد تبقى لغزا.

حيث تطورت علاقة تبادل للمنفعة بين الإنسان والذئاب. سوف تشم الكلابُ الذئبية الفريسةَ لنا، ونحن بدورنا سوف نتقاسم اللحوم الناتجة معها. (هناك دليل ظرفي لهذا السيناريو أتى من تجربة الثعلب الفضي. لدى اختيار الثعالب الأقل خوفا من البشر، طوّر العلماء في نوڤوسيبيرسك في النهاية ثعلبا فضيا يركض ليحيّي الناس. إن معظم الثعالب الفضية في الأسر تختبئ في النهاية الخلفية من أقفاصها.)

وهناك مشكلة واحدة فقط في هذا الحدث التخيلي، على الأقل في پردموستي: إن كلاب ‹گرمونپري› الأولى لم تكن تأكل لحم الماموث مع أنه كان طعام الإنسان الأساسي، حيث بينت تحاليل النظائر المشعة لعظام كلاب العصر الحجري القديم أنها كانت تتغذى بوعل الرِّنّة الذي لم يكن ضمن الطعام المفضل لدى الناس الذين عاشوا في ذلك المكان. وكذلك كانت أسنان كلاب پردموستي مكسرة، وهناك علامات أذيات شديدة على الوجه التأم الكثير منها. وتستطرد ‹گرمونپري› قائلة: «قد تكون هذه الجراح إشارة إلى قتال مع كلاب أخرى، أو أنها قد ضربت بعصيّ». إنها تتصور أن الارتباط بين الإنسان والكلاب كان من خلال أحد طقوس صيد الكلبيات للماموث. وفي هذا السيناريو، يحضر الصيادون- الجامعون جراء الذئاب إلى مخيمهم، ربما بعد قتل الذئاب البالغة، تماما مثلما كان الإنسان الرحال الحديث يجلب الحيوانات اليافعة وحديثي الولادة إلى مخيماتهم. هذا ولا تظهر على عظام الماموث في پردموستي أية آثار قضم من الكلبيات، الأمر الذي يشير إلى أن هذه الكلبيات لم تكن حرة في التجول والبحث عن بقايا طعام الناس. وبدلا من ذلك، يبدو أن هؤلاء الناس ربما كانوا قد قيّدوا هذه الكلبيات وأطعموها بما يعتبر طعامَ درجة ثانية لا يأكله الناس، حتى إنهم قاموا بإكثارها لضمان سد حاجتهم من الأضحيات لإقامة شعائرهم التضحوية.

إن إكثار الذئاب في الأسر قد يؤدي إلى تغيرات تشريحية قامت ‹گرمونپري› بتوثيقها في كلاب پردموستي، وقد يؤدي ذلك إلى إنتاج حيوان مستقل وأقل خوفا من الناس كما هي الحال في ثعالب نوڤوسيبيرسك الفضية.

إن حصر كلاب پردموستي وضربها وتغذيتها بطعام محدد، ربما فهمته على أنها تعني «لا». ولا يوجد أي دليل في پردموستي أو في أي أماكن قديمة مشابهة عثر فيها على بقايا كلاب يُبيِّن، بناء على ملاحظات ‹گرمونپري›، أن الإنسان الصياد-الجامع هناك قد اتخذ الكلبيات صديقا أو صاحبا أو مرافقا في الصيد. ويبدو أن هذه العلاقة جاءت فيما بعد.

زحزحة فرص(*)

إذا كانت ‹گرمونپري› على حق، فإن فكرة استئناس الكلاب الذي كان قد بدأ في وقت مبكر جدا في ظروف لم تكن مواتية للكلاب ليست مناسبة. وفكرة أن كلاب ‹گرمونپري› هي كلاب بالفعل هي فكرة لا يوافق عليها كل عالم. وعلى الرغم من ذلك يفضّل البعض فكرة الذئب - الكلب، أو ببساطة «الذئب»، لأن موقعها التصنيفي غير واضح من ناحية الشكل أو الجينية. (ويتوقع ‹لارسون› حسم هذه المسألة من خلال مشروعه الضخم.)

وأقدم تسجيل لعيّنة كلب تعود إلى 14 000 سنة خلت، عثر عليها في الموقع Bonn-Oberkassel بألمانيا، يروي بصورة لا تقبل الجدل، قصة مختلفة حول استئناس الكلاب، تثبت بوضوح وجود رابطة دقيقة وكبيرة بين البشر والكلبيات. ففي مطلع أعوام القرن التاسع عشر، عثر علماء الآثار أثناء عمليات التنقيب في هذا الموقع، على هيكل عظمي لكلب مدفون في مقبرة تضم رفات رجل يبلغ عمره نحو 50 عاما وامرأة عمرها بين 20 و 25 سنة. وعندما رأى الباحثون هذا الارتباط، عرفوا أنهم ينظرون إلى حيوان مستأنس تماما - حيوان عزيز ومقدر بشكل كبير بحيث يدفن على أساس أنه فرد من عائلة الإنسان.

إن كلب Bonn-Oberkassel ليس بالكلب القديم الوحيد الذي نال مثل هذا الشرف. وفي فلسطين، وفي منطقة عين الملاّحة تحديدا، وهو موقع للصيادين - الجامعين يعود تاريخه إلى 12000 سنة مضت في أعالي وادي الأردن، اكتشف علماء الآثار ما قد يكون أشهر مقبرة دفن فيها الإنسان والكلاب. وعثر في هذا الموقع على هيكل رجل كبير في السن مائل على جانبه الأيمن، وذراعه اليسرى ممتدة تحت رأسه، فيما وضعت يده بلطف على جرو، يبلغ عمره نحو أربعة إلى خمسة أشهر. ويعتقد علماء الآثار أن هذا الكلب كان رفيقا للمتوفَّى. وعلى النقيض من كلاب پردموستي، لم يبدُ أن هذا الجرو قد عُذّب أو ضرب، بل رتبت بقاياه بلطف وحنان مع شخص يُعتقد أنه كان يهتم بأمره.

وعلى الرغم من ندرة مثل هذه المشاهد المؤثرة بين الإنسان والكلاب في تلك الفترة، إلا أن حالات دفن الكلاب وحدها لم تكن كذلك. فمنذ نحو 10000 سنة مضت ازدادت ممارسة دفن الكلاب في قبور. ولا يوجد نوع آخر من الحيوانات مدرج في طقوس الإنسان الجنائزية مثل الكلاب. لقد أصبح الناس ينظرون إلى الكلب برؤية مختلفة، وكان لهذا التحول في التوجه تأثير عميق في تطور الكلاب.

وربما اكتسبت الكلاب خلال هذه الفترة مهارتها الاجتماعية نحو الإنسان، وكذلك القدرة على قراءة تعابير وجهه وفهم الإيماءات والتحديق في عيونه (التي تزيد مستوى هرمون **الأوكسيتوسين** oxytocin الذي يدعى بهرمون الحب لدى الإنسان والكلب).

تقول ‹A. پيري› [وهي عالمة آثار الحيوان ومختصة بطرق الدفن من معهد ماكس بلانك لعلم تطور الإنسان بمدينة ليبزگ في ألمانيا]: «بدأت ممارسات دفن الكلاب بعد أن انتقل الصيد من السهول المفتوحة إلى الغابات الكثيفة؛» وتقول: «قد تساعدك الكلاب في البيئات المفتوحة على نقل لحوم حيوانات الماموث المصطادة، إلا أنها لا تساعد بالضرورة على اصطيادها». وتتابع ‹پيري› قائلة: «إلا أن الكلاب ممتازة في صيد الطرائد الصغيرة مثل الغزلان والخنازير البرية التي تعيش في الغابات.» وتجدر الإشارة هنا إلى أن صيادي الفيلة لا يستخدمون الكلاب.

تقول ‹پيري› إنه منذ 15000 سنة مضت، وربما قبل ذلك، بدأ الصيادون - الجامعون في أوروبا وآسيا والأمريكتين بالاعتماد على مهارات الصيد عند كلابهم من أجل البقاء. ولم يتمكن الباحثون من تتبع **خط جيني مباشر**[1] من تلك الحيوانات إلى كلابنا المدللة، ومع ذلك كانت تلك الحيوانات بدون أدنى شك كلابا. وتستطرد ‹پيري›، التي انضمت إلى الصيادين التقليدين مع كلابهم في اليابان والولايات المتحدة، في الحديث وتقول: «تستطيع كلاب الصيد الجيدة أن تعرف آثاراً جديدة وتوجه الصيادين إلى الفريسة والإمساك بها عن طريق النباح، وعندما بدأ الناس باستخدام الكلاب للصيد أصبح يشاهد تحول نظرة الناس إلى الكلاب، ويمكنك البدء بالعثور على مدافن للكلاب في جميع أنحاء العالم». وتؤكد ‹پيري› أن هذه المدافن ليست طقوسا أو لتقديم الأضحيات، إنما هي للتعبير عن التقدير والإعجاب، حيث يتم دفن الكلاب مع مَغْرَةٍ (صبغات حمراء صفراء)، وشواهد حجرية وأدوات حادة، وجميعها أدوات يستخدمها الصيادون.

أتى أحد طقوس دفن الكلاب بصورة أكثر تفصيلا من ستوكهولم في السويد ويعود تاريخه إلى نحو 7000 سنة. لقد تم العثور على عديد من كلاب دفنت مع عشرات من البشر في المنطقة نفسها. وكان أحد هذه القبور قد تلقّى احتفاء وعناية مميزة المدفونين، الإنسان والكلب. وتقول ‹پيري›: «لقد مُدِّد الكلب إلى جانبه، ونثرت حول

(*) SHIFTING FORTUNES

(1) direct genetic line

خصره رقائق من الصوان، ووضعت معه قرون الغزلان الحمر ومطرقة حجرية منحوتة ورش جسم الحيوان بمغرة حمراء.» هذا ولا يوجد هناك ما يشير إلى سبب تبجيل هذا الكلب إلى هذا الحد، إلا أن ‹پيري› تشتبه بأن هذا الكلب كان صيادا ممتازا وأن صاحبه كان ينعى موته. وتستطرد ‹پيري› قائلة: «يمكن أن ترى هذه العلاقة بين الصيادين وكلابهم في الوقت الحاضر وفي سجلات العروق البشرية الإثنوغرافية». وتستشهد ‹پيري› بقول الصيادين- الجامعين التسمانيين في أواخر القرن التاسع عشر «إن كلابنا أهم من أطفالنا، بدونها لا نستطيع الصيد ولن نتمكن من البقاء على قيد الحياة.»

وقدمت الكلاب القديمة أيضا خدمات مهمة. ويرجع تاريخ المحاولة الأولى المعروفة **للانتقاء المتعمد**[1] الذي أدى إلى تطور الكلب المستأنس C. familiaris إلى ما قبل 8000 سنة، وجاء من موقع في الدنمارك. لقد امتلك الصيادون- الجامعون ثلاثة حجوم مختلفة من الكلاب ربما تم تهجينها لمهام معينة. وتقول ‹پيري›: «لم أتوقع أن أرى ما يشبه الكلاب المهجنة، كانوا يقتنون كلابا كبيرة ومتوسطة وصغيرة الحجم». ليس من الواضح لأي غرض استخدموا الكلاب الصغيرة، إلا أن الكلاب متوسطة الحجم كانت لها بنية كلاب الصيد، بينما استخدمت الكلاب الأكبر حجما التي يبلغ حجمها حجم كلاب الزلاجات في گرينلاند (تزن نحو 70 رطلا) لنقل البضائع وجرها. وعن طريق نباحها التحذيري تعتبر الكلاب حارسة للمخيم.

لقد تراجعت مكانة الكلب عندما طوّر البشر الزراعة، حيث كان دفن الكلب حدثا نادرا في المستوطنات الزراعية. وتقول ‹پيري›: «الفرق كبير جدا، عندما كان الناس صيادين- جامعين، كان هناك الكثير من مدافن الكلاب،» إلا أن دفن الكلاب توقف بعد أن انتشرت الزراعة. وتستطرد ‹پيري› وتقول: «أصبحت الكلاب عديمة الفائدة». ومع ذلك لم يؤد تراجع هذا الامتياز إلى انقراض الكلاب. وفي أماكن كثيرة من العالم أصبحت الكلاب طَبقا يقدم على مائدة الطعام، ما يوفر سببا جديدا لإبقائها.

ولم تعرض جميع المجتمعات الزراعية كلب الفيدو على قائمة طعامهم. وقد اهتمت المجموعات التي تقوم بتربية الماشية بإكثار الكلاب من أجل الرعي. ويمكن أن تكون بعض الكلاب التي أثبتت جدارتها قد كوفئت من أجل حياة الآخرة بدفنها. وفي عام 2006، عثر علماء الآثار على 80 كلبا محنطا مدفوناً بالقرب من مالكيها من البشر في مقبرة يبلغ عمرها 1000 سنة قرب مدينة ليما في الپيرو. لقد حمت الكلاب حيوان **اللاما** llama لشعب **التشيريبايا** Chiribaya، وفي مقابل خدماتها، كانت تُعامل معاملة حسنة في حياتها وعند موتها. وكان هناك ما يقارب من 30 كلبا ملفوفا بغطاء منسوج بصوف اللاما الناعم، وكانت عظام اللاما والأسماك موضوعة بالقرب من أفواهها. لقد حنط مناخ المنطقة الجاف هذه الكلاب وحفظ فراءها ونسجها. ولدى إزالة الغطاء، ظهرت هذه الكلاب المحنطة مثل كلاب الشارع الصغيرة التي تجول في مدينة ليما الآن، والتي تنتظر أن يأخذها إنسان ويقول لها ماذا يجب عمله وماذا لا يجب. (ومع ذلك الشبه، فإن كلاب رعي التشيريبايا لا صلة لها بكلاب ليما الحديثة المهجنة. كما أنه لا يوجد أي دليل يدعم المزاعم التي تربط أي هجين قديم في أي مكان في العالم بالسلالات الحديثة المعيارية لنادي تربية الكلاب الأمريكي.)

ومع أن كلاب التشيريبايا والكلاب المدفونة الأخرى في الأمريكتين جاءت من المكان والزمان الخاطئين لتمثل مراحل الاستئناس المبكرة، فإن ‹لارسون› وزملاءه يقيسون بسرور عظامها ويأخذون منها عينات دنا، وذلك لأن كلاب أمريكا الشمالية الأولى انحدرت من كلاب أوروبية أو آسيوية قديمة، وستساعد عظامها وجيناتها العلماء على تحديد عدد عمليات استئناس الكلاب التي حدثت وأين حدثت. حتى الآن وفي محاولة لدراسة العديد من الكلبيات القديمة بقدر الإمكان، حلل الباحثون عينات من 3000 ذئب وكلب وعينات أخرى لا علاقة لها بكليهما. ويقوم أكثر من 50 عالماً في جميع أنحاء العالم بالمساعدة على هذا المجهود، وهم يتوقعون أن تتوفر ورقة علمية جاهزة حول نتائجهم الأولية خلال هذا الصيف.

وبعد كل هذا، هل سنعرف في نهاية المطاف، أين ومتى أصبح الكلب مستأنسا؟ يقول ‹لارسون›: «أتوقع أن نكون قريبين جدا من الإجابة عن هذا السؤال، إلا أننا لن نعرف بالضبط كيف استطاع نوع مفقود منذ زمن بعيد من الذئاب أن يصبح كائنا يحترم كلمة 'لا'.» ■

(1) intentional selection

مراجع للاستزادة

Palaeolithic Dog Skulls at the Gravettian Předmostí Site, the Czech Republic. Mietje Germonpré et al. in *Journal of Archaeological Science*, Vol. 39, No. 1, pages 184–202; January 2012.

Rethinking Dog Domestication by Integrating Genetics, Archeology, and Biogeography. Greger Larson et al. in *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, Vol. 109, No. 23, pages 8878–8883; June 5, 2012.

Genome Sequencing Highlights the Dynamic Early History of Dogs. Adam H. Freedman et al. in *PLOS Genetics*, Vol. 10, No. 1, Article e1004016; January 16, 2014.

Scientific American, July 2015

تتمة الصفحة ٦١ (صيد البحر لإطعام بلايين البشر)

في مقاطعة ووهان أنتجت في الماضي أسماك شبوط شديدة التلويث في مزرعتها التعاونية. وبإنتاج مكثف بلغ 12 طناً سنويا من الأسماك بالهكتار الواحد، كان بإمكان المزارعين جني آلاف الدولارات لو أن الأمور سارت على ما يرام. ولكن نادرا ما تجري الرياح بما تشتهي السُّفن. فمع تلك الكثافة السمكية العالية، تفشت الأمراض والتلوث معا. ففي عام 2008، وبمساعدة الأكاديمية الصينية للعلوم، ألحقت المزرعة بعض الأراضي الرطبة بمنطقة التصريف المتصلة بالجزء الرئيسي من البحيرة. وفي ذات الوقت، تحول المزارعون من الزراعة المكثفة لسمك الشبوط إلى زراعة أسماك الماندرين، الأقل كثافة بعشر مرات وأقل ضررا على البيئة وأكثر ربحية.

يقول <Sh .H. شيا> وهو مربي أسماك عمره 50 سنة ويعمل هنا منذ عقود: «هناك تجربة كل عام، وسندخل 50 أو 100 عينة من نوع معين من أسماك المياه العذبة، ثم 100 عينة من نوع آخر وهكذا. لم أخسر مالاً قطّ على أي بركة، ولكن أحيانا يكون الربح أقل.»

وثمة حلول أخرى تتطلب أعمالا حرفية أكثر عبقرية. فعلى سبيل المثال، طور باحثون في معهد بحوث آلات وأدوات السماكة التابع للأكاديمية الصينية لعلوم الأسماك في شنگهاي، آلة لإصلاح مشكلة شائعة في البرك السمكية الصغيرة، وهي ضعف عملية التمثيل الضوئي في النباتات التي يمكنها تنقية المغذيات. ويقول <H. شو> [مدير المعهد] مشيرا إلى مجمع ضخم من البرك المائية ذات اللون البازلائي الأخضر: «إن نقص الفوسفور في المياه يحدّ من عملية التمثيل الضوئي عندما تكون الشمس مشرقة، علما بأن هناك كميات وافرة من الفوسفور في الرواسب القاعية». لهذا، فقد طور المهندسون في المعهد آلة تعمل على الطاقة الشمسية لإثارة الطين على امتداد قاع البركة. وهكذا عندما تكون الشمس ساطعة، تبدأ الآلة بالعمل لتزويد النباتات بالفوسفور، ولكن عند وجود غيوم تحجب أشعة الشمس تتوقف الآلة عن العمل.

ثمة حاجة ماسة إلى النجاح(*)

أثار الانتعاش الأخير للثروة في الصين شهية، ربما لم يسبق لها مثيل في تاريخ البشرية، للبروتين الحيواني. لذا يجب أن تكون الجهود المبذولة متناسبة بضخامتها للحفاظ على البيئة في المياه العذبة والمالحة على حد سواء. وتعمل الأكاديمية الصينية للعلوم الآن على 30 ألف هكتار من البرك المائية على طول وعرض حوض نهر يانگتزي. وتعتبر مزرعة زانگزيداو أكبر مزرعة بحرية من نوعها في العالم، وهي مع مزرعة الأعشاب البحرية القريبة منها تجعلان أي مشروع غذائي بحري متكامل في العالم يبدو قزما أمامهما.

ويقتبس العمل هنا كثيرا من الأفكار من الولايات المتحدة وأوروبا، ولكن قد يكون المرء ساذجا إن اعتقد أن هذه المزارع قد تشبه مثيلاتها في الغرب. ففي الولايات المتحدة وأوروبا هناك تفضيل لأسماك المياه الباردة **كسمك سليمان**[١] **وسمك سليمان المرقط**[٢]، والتي تتطلب مياهاً غنية بالأكسجين، بينما تفضل الصين أسماك القط والشبوط التي تتطلب مياها قليلة الأكسجين. كما أن الأفكار الصينية حول سلامة النظام البيئي مختلفة جدا. وبهذا الصدد يقول <T. ستورباكن> [الخبير في العلوم السمكية من الجامعة النرويجية لعلوم الحياة قرب أوسلو]: «ما قد نعتبره بحيرة ملوثة في الغرب يعتبر نظاما فعالا لإنتاج الغذاء في الصين، ولكن بحيرة شديدة التلوث ستكون كارثة. وما يثير إعجابي هو السعي أو التخطيط للحفاظ على هذا التوازن الجيد.»

وقد تشاور <ستورباكن> كثيرا مع الأكاديمية الصينية للعلوم السمكية، وسافر إلى مختلف أنحاء الصين وكان مندهشا من الكيفية التي يستنسخ فيها العلماء النظام الطبيعي بشكل متناسق، مستخدمين العواشب و**اللواحم**[٣] و**المتغذيات بالترشيح**[٤]. ولدى <ستورباكن> ثقة بأن الصين قد شرعت للتو في فتح فصل جديد بعد آلاف السنين من تطوير وصياغة علاقتها بالمأكولات البحرية. ويضيف قائلا: «إنه شيء مختلف تماما عما نقوم به في الغرب. إنهم يتقنون مواجهة هذه التحديات، ليس بشكل تام على أية حال، ولكن أفضل بكثير من أي مكان آخر.» ■

(*) A NEED TO SUCCEED
(١) salmon
(٢) trout
(٣) predators؛ أو: المفترسات.
(٤) filter feeders: كائنات مائية تتغذى بالمواد السابحة في الماء (وكأنها تُرشح أو تنقي الماء منها).

مراجع للاستزادة

Sustainable Seafood and Integrated Fish Farming in China. Online video. World Wide Fund for Nature International. September 2, 2012. www.youtube.com/watch?v=18xyR8KWrgE#t=220

Rich Countries Pay Zombie Fishing Boats $5 Billion a Year to Plunder the Seas. Gwynn Guilford in Quartz. Published online June 25, 2014. http://qz.com/225432/rich-countries-pay-zombie-fishing-boats-5-billion-a-year-to-plunder-the-seas

Freshwater Aquaculture in PR China: Trends and Prospects. Qidong Wang et al. in *Reviews in Aquaculture*. Published online October 25, 2014.

Draft Intertek Fisheries Certification report on Zhangzidao scallop fishery: www.msc.org/track-a-fishery/fisheries-in-the-program/in-assessment/pacific/zhangzidao-scallop/assessment-downloads-½0141103_PCDR_SCA326.pdf

Scientific American, April 2015

السجل الكامل للتناظرات في الكون(*)

قبل وفاتهم، يسارع رياضياتيون مسنّون إلى إنقاذ برهان **النظرية العملاقة**(١)، بجميع صفحاته البالغ عددها 15 ألف صفحة، فهذا البرهان يصنف الوجود (عالَم التناظرات) في أربعة أصناف.

<S. أورنس>

مأدبة عشـــاء فاخرة أقيمت بالشهر 2011/9 في منزل عالم الرياضيات <D .S. ســميث> بولاية إلينوي الأمريكية، كان نحو نصف عدد المدعوين الستين من كبار علماء الرياضيات.

وهــذه المأدبة الكبيـرة، كانت حدثا عاديـا إحياءً لذكرى إنجاز رياضياتي ضخــم، كان أربعة رياضياتيين(٢) في حفل العشاء هذا قد نشروا للتو كتابا يضم حصيلة أعمال ظهرت على امتداد أكثر من 180 عاما، مســتعرضا أبرز مسألة في التصنيف عرفها تاريخ الرياضيات.

لم يَظهــر كتاب هــؤلاء العلماء في أية قائمــة من الكتب الأكثــر مبيعا. وكان هذا أمرا طبيعيا نظرا لعنوانه: **تصنيف الزُّمر المنتهية البسـيطة**(٣). لكن علماء الجبر يعتبرون هذا المجلد الواقع في 350 صفحة مَعْلما في حقل اختصاصه. إنه مختصر لسلسلة دراسات تخص هذا **التصنيف العالمي**(٤). لقــد بلغ عدد صفحات البرهان الكامل على النظرية قرابة 15 ألف صفحة – البعض يقول إنه أقرب إلى 10 آلاف صفحة – متناثــرة على صفحات مئات المقــالات الصادرة عن مجلات كُتِبــت من قبل أكثر مــن مئة مؤلف. أما مضمــون النظرية، فهو اســم على مســمى، إذ يعرف بـ «**النظرية العملاقة**(١)». (النظرية في حد ذاتها بسـيطة جـدا. لكن برهانها هو البالغ الطول بشكل منقطع النظير.) وتبدو الوفرة في منزل <سميث> طريقة مناسبة لتكريم هذا العمل الجبار. وهذا البرهان يعتبر أطول برهان في تاريخ الرياضيات.

أما الآن، فإن هذا البرهان في خطر؛ ذلك أن العمل الصادر في عام 2011 لم يرســم سوى خطوطه العريضة. فالضخامة الفائقــة للوثائق التي تعرض هذا البرهــان تجعله فوق طاقة الإنســان. ويقول <سلمون>، البالغ من العمر 66 سنة، والذي انكب على دراســة البرهان على مدى حياته المهنية (علما بأنه تقاعــد في جامعة ولاية أوهايو الأمريكيــة قبل عامين.): «أنا لا أعـرف أنَّ شــخصا ما قــد اطلع على كل شــيء في هذا البرهان». فمن المحتمل أن يكون <ســلمون> والرياضياتيون الثلاثــة الآخرون المكرَّمون في الحفل الأشــخاصَ الوحيدين الأحيــاء اليوم الذين فهموا هذا البرهــان. ولذا، فإن تقدمهم في الســن يُشــعر الجميع بالقلق؛ فسن <ســميث> 67 سنة، و <أشباكر> 71 سنة، و <ليونس> 70 سنة. وفي هذا السياق، يوضح <ســميث>: «نحن جميعا نتقدم في العُمر الآن، ونريد تدوين هذه الأفكار قبل فوات الأوان،» ويقول مسترسلا: «نحن قد نرحل، أو نتقاعد، أو ننسى.»

ولــو حدث هذا التخلي، لكانت الخســارة جســيمة. وبعبارة مختصــرة، فهــذا العمل يُعنــى **بنظريـة الزُّمـر** group theory، وهي **الدراسـة الرياضياتيـة للتناظـر**(٥). والبحث في **التناظر** symmetry، بــدوره، أمر بالغ الأهمية فــي المجالات العلمية، مثل

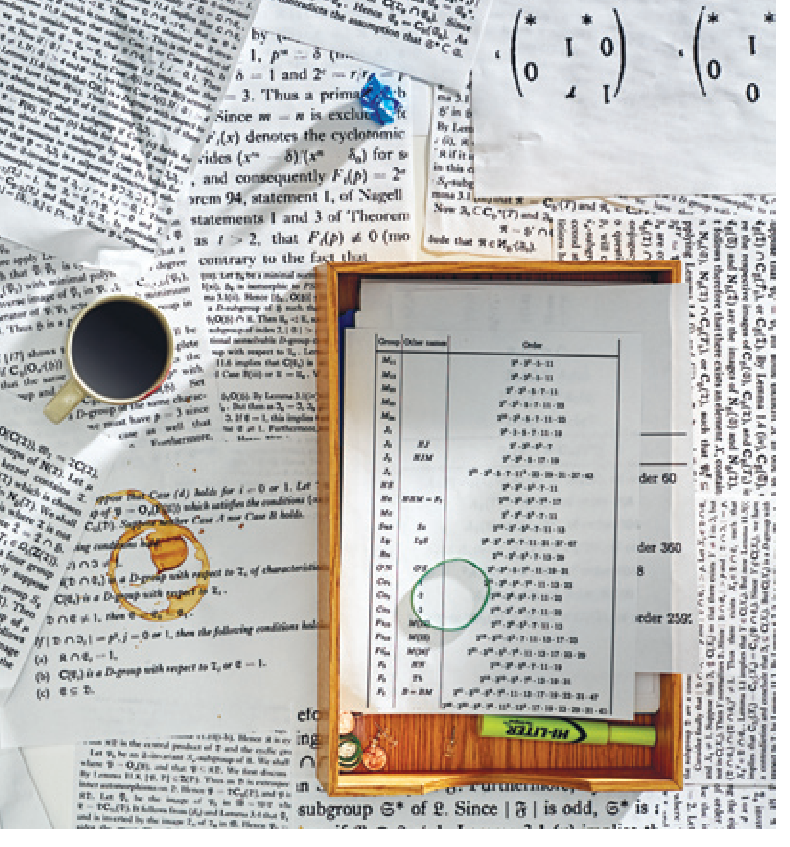
(*) THE WHOLE UNIVERSE CATALOG
(١) the Enormous Theorem
(٢) R. Solomon, R. Lyons, M. Aschbacher, S. D. Smith
(٣) *The Classification of Finite Simple Groups*
(٤) universal classification
(٥) the mathematical study of symmetry

باختصار

إن **أطـول برهـان** في الرياضيات هــو قضية مفادها بأن **التناظر** symmetry في الكون يمكن تصنيفه إلى أربعة أصناف. وتقدم صفحاتــه، البالغ عددها 15 ألف صفحة، الحجة الدامغة على ما يسمى **النظرية العملاقة**(١).

هناك **عدد قليل من الأشخاص** الذين فهموا البرهان، وقد تقدموا، وهم يخشــون وفاتهم قبــل أن يتولى جيل من الشباب مقاليد الأمور.

لقــد **أطلق علمـاء الرياضيات** مشــروعا يهدف إلى إنقاذ البرهان والعناية بتبسيطه وتدوينه لاستمرار معرفته.



الفيزياء الحديثة للجسيمات[١] . و**النموذج المعياري**[٢] – وهو النظريــة التي تعتبر أســاس تحديد جميع الجســيمات المعروفة فــي الكون، منها ما وجــد، ومنها ما ينتظر ذلــك – يعتمد على أدوات التناظــر التي تقدمها نظرية الزمر. وقد ســاعدت الأفكارُ النيــرة حول التناظر في أصغر المقاييس علماءَ الفيزياء على فهم المعادلات المستخدمة في التجارب التي قد تكشف عن الجسيمات الأساسية الغريبة، مثل **الكواركات**[٣] التي تندمج فتكون ما يعرف لدى الجميع **بالبروتونات**[٤] protons و**النترونات**[٥] neutrons.

ولقــد قادت نظرية الزمر أيضا علمــاء الفيزياء إلى فكرة مقلقــة مفادها بأن الكتلة ذاتها – أي كمية المادة في جســم، مثــل هذه المجلة، أو أنت، أو أي شــيء يمكن أن تمســكه أو تراه – قد تشكلت بسبب **انكسار تناظر**[٦] أثناء مرحلة أساسية معينــة. إضافة إلــى ذلك، فقد أوضحت هــذه الفكرة طريقة اكتشــاف الجسيم الأكثر شهرة خلال السنوات الأخيرة، ألا وهو **بــوزون هيگز** the Higgs boson الذي يســتحيل وجوده ما لــم يتعثر التناظر علــى **المســتوى الكمومــي**[٧]. ولم يجد مفهوم هيگز مكانه في نظرية الزمر خلال الستينات من القرن الماضــي، ولم يتم اكتشــافه إلا عام 2012 بعــد عدة تجارب في **مصــادم الهادرونات الكبيــر**[٨] بالمركز الأوروبي للبحث النووي (CERN) قرب جنيف.

أما التناظر، فهو مفهوم يعني أنه يمكن أن يخضع شــيء ما لسلســلة من التحولات – اللف، الطي، الانعكاس، الحركة عبر الزمن – وفي نهاية جميع تلك التحولات، يبدو ذلك الشيء مــن دون تغيير. إنه يتوارى فــي الكون بكل مكان: من ترتيب الكواركات إلى ترتيب المجرات في الكون.

وتبــين النظرية العملاقة بدقــة رياضياتية أن أي نوع من التناظر يمكن تفكيكــه وتصنيفه في واحدة من عائلات أربع، بناء على مميزات مشتركة. وتعتبر هذه النظرية في أعين علماء الرياضيات المتخصصين في الدراســة الدقيقة للتناظر وفي أعين منظري مفهوم الزمر، إنجازا يضاهي في أهميته وعمقه **الجدول الدوري للعناصر**[٩] لدى الكيميائيين. وفي المستقبل، يمكن أن تؤدي النظرية العملاقة إلى اكتشافات عميقة أخرى حول **النسيج الكوني**[١٠] وطبيعة الواقع الملموس.

غيــر أن هناك، بطبيعة الحال، وضعا فوضويا ضمن هذا البرهان: المعادلات، والنتائج والمخمنات التابعة للبرهان مشتتة وسط أكثر من 500 مقالة منشورة في مجلات. كما أن بعضها مغمور في مجلدات ســميكة، مليئة بمزيج يجمع بين اليونانية واللاتينية ورموز أخرى تستعمل في لغة الرياضيات الكثيفة. وتضاف إلى هذه الفوضى خصوصيات المســاهمين في هذا البرهان، حيث كان كل منهم يكتب بأسلوبه المتميز.

وما من شــك في أن تلك الفوضى تطرح مشكلة لأن عدم توفر جميع أجزاء البرهان المعروض سيلحق الضرر بكماله. وللمقارنــة، تصور الهرم الأكبر في الجيــزة، وحجارته التي تزيد على مليوني حَجر؛ تصورْ هذه الحجارة متناثرة بشــكل عشوائي في الصحراء، مع وجود عدد قليل من الناس يعرف كيف يمكن ترتيبها ترتيبا مناســبا. نلاحظ أنه من دون وجود برهــان في متناول اليــد على النظرية العملاقــة، فإن علماء الرياضيات في المستقبل ســيواجهون خيارين خطيرين: إما بكل بساطة تصديق البرهان، من دون معرفة المزيد عن كيفية تسلســله، أو محاولة إعادة بناء البرهــان. (من المؤكد أنه لا يمكــن لأي رياضياتي أن يرضــى بالخيار الأول؛ أما الخيار الثاني، فسيكون شبه مستحيل.)

كان **المختصــر**[١١] الــذي وضــع فــي عــام 2011 من قبل ‹ســميث› و‹سلمون› و‹أشــباكر› و‹ليونس› جزءا من خطة طموحة من شــأنها أن تجعل النظرية في متناول الجيل القادم من الرياضياتيين. ويقول ‹سلمون› متحسرا: «نلاحظ أن معظم النــاس، في هذه الأيام، يتعاملون مــع النظرية العملاقة كما لو

(١) modern particle physics
(٢) the Standard Model
(٣) the quarks
(٤) ج: بروتون.
(٥) ج: نترون.
(٦) symmetry broke down
(٧) the quantum scale
(٨) Large Hadron Collider
(٩) the periodic table
(١٠) the fabric of the universe
(١١) outline



المؤلف

Stephen Ornes

<أورنس>، يتناول في كتاباته مواضيع تمتد من الرياضيات إلى الأبحاث حول السرطان. وقد نشر سيرة ذاتية لعالمة الرياضيات <S. جرمان> موجهة إلى الشباب عام 2008، ويقيم في ناشڤيل بالولايات المتحدة.

كانت صندوقا أسود.» ويدعو القسم الأكبر من تلك الخطة إلى برهان وجيز يجمع كل القطع المشتتة لهذه النظرية. وقد صممت هذه الخطة منذ أكثر من ثلاثين عاما، وتم الآن إنجاز نصفها.

وعندما تكون هناك نظرية مهمة، فإن برهانها يكون أكثر أهمية. ذلك أن البرهان يؤكد صدق النظرية، ويسمح للرياضياتي بإقناع الآخرين بصحة النظرية – حتى ولو باعدت بينهما القارات أو القرون. وتلك النصوص تولد تخمينات وبراهين جديدة؛ مما يجعل التعاون في حقل الرياضيات يتواصل عبر آلاف السنين.

وتعتبر <I. كاپدبوسك> [من جامعة Warwick بإنكلترا] واحدة من الباحثين الشباب القلائل الذين خاضوا غمار هذه النظرية. وعندما بلغ عمرها 44 سنة، وهي ذات الصوت الناعم المليء بالثقة، لمع نجمها عندما شرحت أهمية الفهم الحقيقي لطريقة عمل النظرية العملاقة. فقد تتساءل <كاپدبوسك> قائلة: «ماذا يعني التصنيف؟ ماذا يعني أن أسلّمك قائمة؟» وتردف قائلة: «هل نعرف ما هو كل عنصر في هذه القائمة؟ إذا لم يكن ذلك فالقائمة هي مجرد كتلة من الرموز.»

أعمق أسرار الواقع(*)

بدأ الرياضياتيون يحلمون بهذا البرهان، على الأقل منذ بدايات عام 1890، وذلك عندما تأسس حقل جديد يسمى نظرية الزمر [انظر الإطار في الصفحة 46]. وتشير كلمة «زمرة» في الرياضيات إلى مجموعة من الأشياء المرتبطة فيما بينها من خلال عملية رياضياتية معينة. وإذا قمت بتطبيق هذه العملية على أي عنصر من عناصر الزمرة؛ فستحصل على عنصر آخر من الزمرة نفسها.

وتتماشى التناظرات، أو الحركات التي لا تغير هيئة الشيء، مع هذه المواصفات. لنفرض على سبيل المثال، أن لديك مكعبا، كل وجه منه لوّن باللون نفسه. أدر المكعب بـ 90 درجة – أو 180 أو 270 درجة – فسوف يبدو المكعب تماما كما كان في البداية. أقلبه، رأسا على عقب، فسيظهر مجددا من دون تغيير. غادر القاعة واترك صديقا يدير أو يقلب المكعب – أو يمزج بين الدوران والقلب – وعند العودة، فأنت لن تعرف ما الذي قام به صديقك. وفي جميع الأحوال، ثمة 24 دورانا مختلفا يترك المكعب يظهر من دون تغيير. وتلك الدوارات الـ 24 تكون زمرة منتهية.

و**الزمر المنتهية البسيطة**[1] تشبه الذرات التي تشكل الوحدات الأساسية لبناء وحدات أخرى، أكبر حجما. وتمتزج الزمر المنتهية البسيطة لتشكل زمرا أكبر وأعقد. وتقوم النظرية العملاقة بتنظيم هذه الزمر على طريقة تنظيم الجدول الدوري للعناصر الكيميائية. وتنص النظرية على أن كل زمرة منتهية بسيطة تنتمي إلى عائلة من ثلاث عائلات – أو إلى عائلة رابعة تضم زمرا خارقة ومنعزلة. وأكبر تلك الزمر الشريرة تسمى «**الوحش**»[2]، وهي تتكون من أكثر من 10^{53} عنصرا موجودا في 883 196 بعدا. (بل إن هناك حقلا كاملا من البحوث يسمى «**توحشية**» monsterology ينقب فيه الباحثون عن علامات «وحش» في مجالات أخرى من الرياضيات والعلوم.) وقد تم تحديد أولى الزمر المنتهية البسيطة نحو عام 1830. وخلال الأعوام 1890-1900 حقق الرياضياتيون نجاحات جديدة، حيث عثروا على المزيد من تلك الزمر الأساسية. وبدأ العلماء بالاعتقاد أنه يمكن وضع جميع الزمر بقائمة طويلة.

لقد وضع علماء الرياضيات أساس النظرية العملاقة في مطلع القرن العشرين، غير أن متطلبات البرهان لم تتوفر إلا في منتصف القرن. وكانت الفترة الممتدة ما بين عامي 1950 و 1980 – وهي المرحلة التي سمّاها الرياضياتي <D. گورنشتاين> [من جامعة روتجرز] «حرب الثلاثين عاما» – قد أعطت دفعا قويا لحقل نظرية الزمر لم تعرفه من ذي قبل، حيث تم إيجاد زمر منتهية بسيطة، وتجميعها ضمن عائلات. وعالج هؤلاء العلماء مخطوطات من 200 صفحة كمن يقوم بإزالة الأعشاب الضارة من كل مكان للكشف عن أعمق أسس التناظر. وبهذا الصدد، يشير <F. دايسون> [من معهد الدراسات المتقدمة في پرينستون بنيوجيرسي في الولايات المتحدة] إلى هجمة هدفها اكتشاف زمر جميلة وغريبة كما لو تعلق الأمر بـ«حديقة حيوانات رائعة.»

وكانت تلك الأوقات تثير النشوة والحماس: كان <R. فوت> طالبا في الدراسات العليا بجامعة كامبريدج، والآن يشغل منصب أستاذ في جامعة ڤيرمونت. وعندما كان طالبا جلس <فوت> ذات مرة في مكتب شديد الرطوبة، وشاهد عالمين نظريين ذائعي الصيت، هما <J. ثومپسون> [من

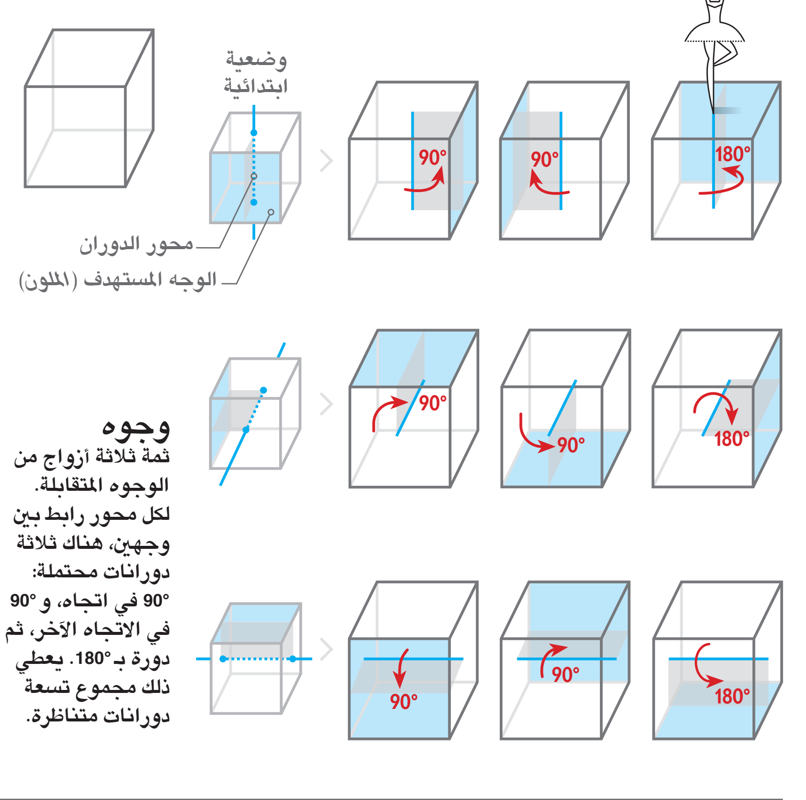
(*) REALITY'S DEEPEST SECRETS
(1) the simple finite groups
(2) the Monster

تناظر المكعب[1]

أدر، أدر، أدر[*]

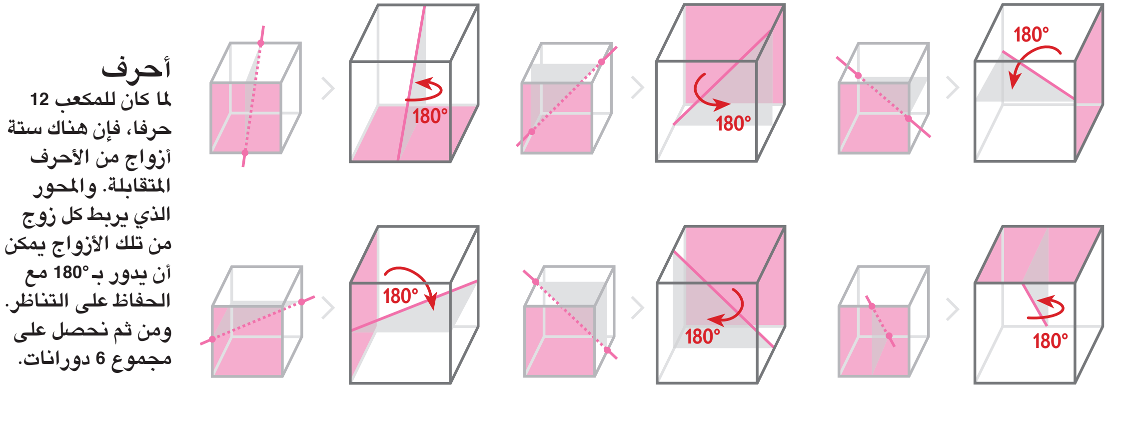
لفهم نظرية الزمر – وكيف أن التناظر يعتبر جزءا منها – نعود إلى المكعب. فللمكعب ستة وجوه، ويمكنك أن تدير أي واحد منها فيظل المكعب بالمنظر نفسه – طالما لم تلون تلك الوجوه – عند الانتهاء من التدوير. ثمة 24 دورانا ممكنا يحافظ على تناظر المكعب. فمن الناحية الرياضياتية، العدد المنتهي 24 يجعل من هذا التناظر زمرة منتهية. فلكي ترى لماذا هناك 24 دورانا، اتبع الخطوات المبينة في هذا المخطط. ولإظهار الدورانات، وضعنا محورا وهميا بين كل زوج من العناصر المتقابلة، أو المتناظرة من المكعب: وجوه وأحرف وزوايا. لاحظ الحالة الابتدائية، (أي الوضعية رقم 1)، أن الوجه المستهدف هو الأقرب إليك. بعد ذلك يدور المكعب حول كل محور (كما هو مبين بظل وسهم داخل المكعب) لتوضيح كل وضعية جديدة تحافظ على التناظر في المكعب. فهناك 23 حركة دوران من مثل هذه الدورانات التي ينبغي إضافتها إلى الوضعية رقم 1.

(*) Turn, Turn, Turn
(1) cube symmetry



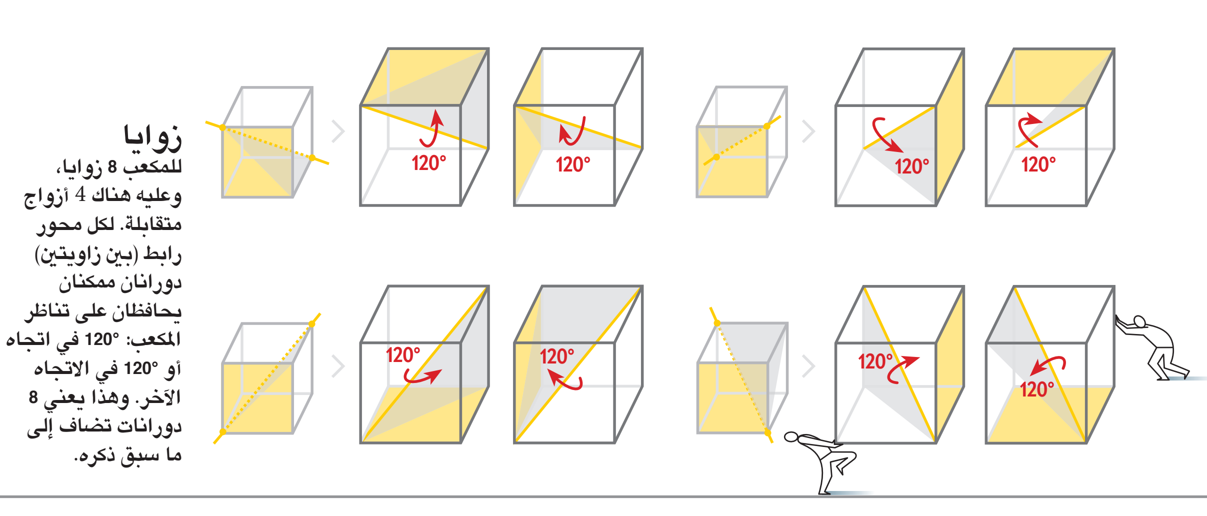
وجوه

ثمة ثلاثة أزواج من الوجوه المتقابلة. لكل محور رابط بين وجهين، هناك ثلاثة دورانات محتملة: 90° في اتجاه، و 90° في الاتجاه الآخر، ثم دورة بـ 180°. يعطي ذلك مجموع تسعة دورانات متناظرة.



أحرف

لما كان للمكعب 12 حرفا، فإن هناك ستة أزواج من الأحرف المتقابلة. والمحور الذي يربط كل زوج من تلك الأزواج يمكن أن يدور بـ 180° مع الحفاظ على التناظر. ومن ثم نحصل على مجموع 6 دورانات.



زوايا

للمكعب 8 زوايا، وعليه هناك 4 أزواج متقابلة. لكل محور رابط (بين زاويتين) دورانان ممكنان يحافظان على تناظر المكعب: 120° في اتجاه أو 120° في الاتجاه الآخر. وهذا يعني 8 دورانات تضاف إلى ما سبق ذكره.

جامعة فلوريدا] و <J. كونواي> [من جامعة پرينستون]. شاهدهما يفتتان تفاصيل زمرة خاصة صعبة المنال. يقول <فوت>: «كان الأمر مدهشا، كانا عملاقين يصل بين دماغيهما **سنا البرق**[٦]،» مضيفا: «لم يظهرا قطّ في حيرة من أمرهما، ولم يساورهما الشعور بالحاجة إلى بعض التقنيات المتقدمة من أجل مواصلة عملهما. كان مشهدا مثيرا ومشوقا.»

وقد حدث خلال تلك العقود أنه تم الحصول على اثنتين من أبرز مراحل البرهان. وفي عام 1963 قدَّم الرياضياتيان <W. فيت> و <J. ثومپسون> طريقة تسمح بإيجاد المزيد من الزمر المنتهية البسيطة. وبعد هذا النجاح الباهر، وضع <گورنشتاين> في عام 1972 خطة من 16 خطوة لإثبات النظرية العملاقة – وهي نظرية من شأنها أن تضع بصفة نهائية كل زمرة من الزمر المنتهية البسيطة في مكانها المناسب. ويتطلب الأمر تجميع جميع الزمر المنتهية البسيطة المعروفة، والعثور على المفقودة منها، ثم فرز جميع تلك القطع وتصنيفها في فئات مناسبة، وإثبات أنه يستحيل وجود غيرها. وكان المبتغى كبيرا وطموحا وجامحا، بل كان البعض يراه مستحيلا.

الرجل مع الخطة(**)

إضافة إلى ذلك، كان <گورنشتاين> عالماً في الجبر وذا شخصية جذابة، وقد حفزت رؤيته للموضوع مجموعة جديدة من الرياضياتيين – ذوي طموحات كبيرة وليست بسيطة –

أنواع التناظر

أربع عائلات عملاقة(*)

يمكن تفكيك التناظرات إلى قطع أساسية. وتسمى تلك القطع زمرا منتهية بسيطة، دورها أشبه بدور العناصر الدورية الكيميائية. وعندما تضم إلى بعضها البعض ضمن صيغ مختلفة فهي تكوّن تناظرات أوسع وأكثر تعقيدا.

تصنف النظرية العملاقة هذه الزمر إلى أربع عائلات. وعلى الرغم من طول برهان هذه النظرية فإن نَصَّها يقع في جملة واحدة تصنف تلك العائلات الأربع، فتقول: «كل زمرة منتهية بسيطة تكون إما زمرة دورية رتبتها أولية أو زمرة متناوبة أو زمرة منتهية بسيطة من نمط <**لي**> Lie أو واحدة من بين الزمر المنتهية البسيطة **المشتتة** sporadic البالغ عددها 26 زمرة.»

نقدم فيما يلي نبذة عن هذه العائلات:

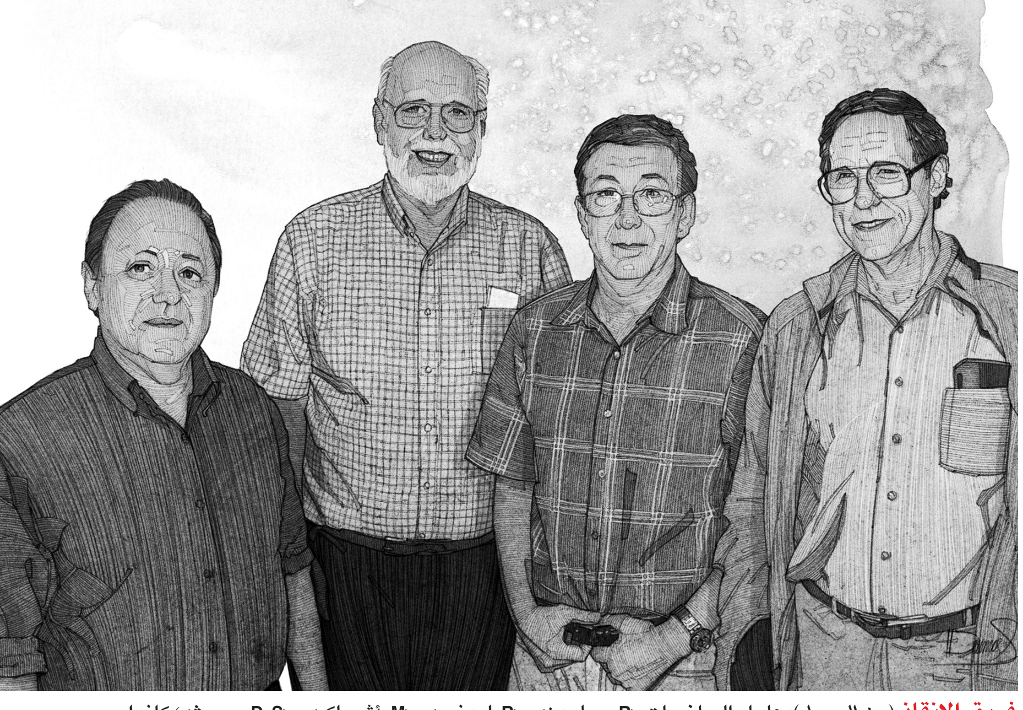
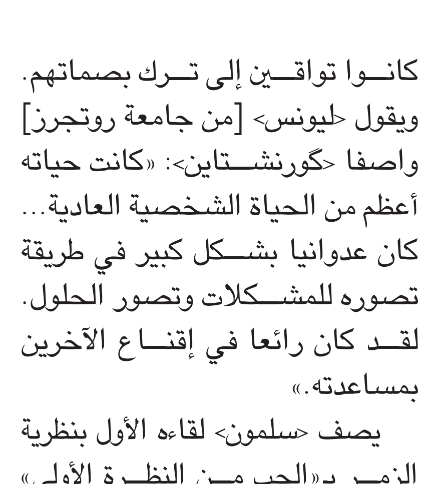
زُمر دورية[١]: كانت من بين اللبنات الأولى التي تم تصنيفها. أدر شكلا خماسيا منتظما بما يعادل خمس دائرة، أي بـ 72 درجة، وستلاحظ أن الشكل الخماسي ظل كما كان في البداية. أدره الآن خمس مرات وستعود إلى وضعية البداية. فالزمر الدورية تعيد نفسها. لكل زمرة منتهية بسيطة دورية عدد من العناصر يساوي عددا أوليا. والزمر الدورية المؤلفة من أكثر من عنصرين يمكن تفكيكها مجددا إن كان عدد عناصرها زوجيا، ومن ثم، فهي ليست بسيطة.

زمر متناوبة[٢]: تأتي من إجراء تبديل في عناصر مجموعة. تحتوي زمرة كاملة من التناظرات على كافة **التبديلات** the permutations أو **المناقلات** the switches. لكن الزمرة المتناوبة لا تحتوي إلا على نصف تلك التبديلات – التبديلات التي لديها عدد زوجي من المناقلات. وعلى سبيل المثال، نفرض أن لديك مجموعة من ثلاثة أعداد: 1، 2 و 3. فهناك 6 طرق مختلفة لكتابة هذه المجموعة: (1، 2، 3)، (1، 3، 2)، (2، 1، 3)، (3، 2، 1)، (3، 1، 2) و (3، 2، 1) وتحتوي الزمرة المتناوبة على ثلاثة من هذه الترتيبات. ومن حيث التناظر، فجميع هذه الترتيبات يمكن أن توافقها متتالية من التناظرات (وهي إدارة المكعب نحو الأعلى، ثم على جانبه، وهلم جرا.)

زمر من نمط <لي>[٣]: سميت باسم <S. لي>، عالم الرياضيات الذي عاش في القرن التاسع عشر، وهي أكثر تعقيدا. إنها تتعلق بما يسمى **زمر <لي> اللامنتهية**[٤]. وتشمل الزمر اللامنتهية دورانات فضاء لا تغير الحجم. فعلى سبيل المثال، هناك عدد غير منته من طرق إدارة كعكة بدون إحداث تغيير فيها. والزمر من نمط <لي> هي المثيلات المنتهية لهذه الزمر غير المنتهية – بعبارة أخرى، الكعكة في زمرة من نمط <لي> لا تسمح إلا بعدد منته من الدورانات. وتقع معظم الزمر المنتهية البسيطة ضمن هذه العائلة. ونلاحظ أن زمر <لي> اللامنتهية والزمر من نمط <لي> لا تقتصر على مثالنا في الفضاء ثلاثي الأبعاد البسيط. هل أنت جاهز إذن للحديث عن التناظرات التي تظهر في فضاء ذي 15 بعدا؟ إذن، انظر إلى الزمر التالية.

زمر مشتتة[٥]: إنها تشكل عائلة من العناصر «المحتالة». وهي تشمل 26 ناشزا، سلوكها لا يسمح لها بالانتساب إلى أية عائلة من العائلات السابقة. (تخيل أن لجدول العناصر الدورية الكيميائية عمودا خاصا بالعناصر «المارقة».) ويسمى أكبر هذه الزمر المشتتة «الوحش»، ولها أكثر من 10^{53} عنصرا، ويمكن أن نمثلها بأمانة في فضاء ذي 196 883 بعدا. إنه لأمر محير وغريب، ولا أحد يعرف حقا ما يعني ذلك، لكنه مدعاة إلى التفكير. فقد كتب الفيزيائي <F. داسيون> عام 1983: «لديّ أمل خفي، أمل لا تدعمه أية وقائع أو أدلة... أمل بأن يلقي الفيزيائيون القبض يوما ما خلال القرن الحادي والعشرين على زمرة «الوحش»، التي شُيدت بطريقة لم تكن متوقعة في بنية الكون.»

(*) Four Enormous Families
(**) THE MAN WITH THE PLAN
(١) Cyclic groups
(٢) Alternating groups
(٣) Lie-type groups
(٤) infinite lie groups
(٥) Sporadic groups
(٦) lightning

فريق الإنقاذ (من اليسار): علماء الرياضيات ‹R. سلمون›، ‹R. ليونس›، ‹M. أشباكر›، ‹D .S. سميث›؛ كانوا يخشون أن يكونوا آخر من فهم العناصر الأولية للنظرية العملاقة ما لم تتم صياغة نسخة مبسطة لهذا البرهان.

كانوا تواقين إلى ترك بصماتهم. ويقول ‹ليونس› [من جامعة روتجرز] واصفا ‹گورنشتاين›: «كانت حياته أعظم من الحياة الشخصية العادية... كان عدوانيا بشكل كبير في طريقة تصوره للمشكلات وتصور الحلول. لقد كان رائعا في إقناع الآخرين بمساعدته.»

يصف ‹سلمون› لقاءه الأول بنظرية الزمر بـ«الحب من النظرة الأولى» حيث التقى بـ‹گورنشتاين› عام 1970. حينها كانت **المؤسسة القومية للعلوم الأمريكية** (NSF)[1] تستضيف مدرسة صيفية حول نظرية الزمر في كلية Bowdoin، وكان مشاهير الرياضياتيين يدعون إلى المؤسسة كل أسبوع لإلقاء المحاضرات. وفي ذلك الوقت كان ‹سلمون› طالبا في الدراسات العليا، وهو يتذكر جيدا زيارة ‹گورنشتاين›. وكان هذا الرياضياتي الشهير - الذي قَدِم للتو من منزله الصيفي بالولايات المتحدة - مثيرا في مظهره وخطابه.

يتذكر ‹سلمون› ما لفت انتباهه: «أنا لم أرَ قطُّ عالم رياضيات يرتدي بنطلونا ورديا فاتحا.»

ويقول ‹سلمون›: «في عام 1972، كان معظم علماء الرياضيات يعتقدون أن البرهان لن يرى النور قبل نهاية القرن العشرين. غير أن نهاية هذا البرهان كانت بادية في الأفق في غضون الأربع سنوات الموالية. ويعود الفضل الكبير في بلوغ تلك النهاية بهذه السرعة إلى ‹گورنشتاين› من خلال إيحاءاته الخلاقة في الطرائق المؤدية إلى البرهان، وكذا إلى ‹أشباكر› - الذي كان أستاذا في معهد كاليفورنيا للتقانة - لتسريعه إنهاء البرهان.»

وكان أحد أسباب ضخامة البرهان أنه ينص على أن قائمة الزُّمر المنتهية البسيطة قد أصبحت مكتملة. وهذا يعني أن القائمة تحتوي على جميع لبنات البناء (الزمر الأساسية اللازمة)، وأنه لا وجود لغيرها. ففي كثير من الأحيان، يكون إثبات عدم وجود شيء - مثل البرهان على عدم وجود المزيد من الزمر - يتطلب جهدا أكبر مما يتطلبه إثبات وجوده.

وفي عام 1981، أعلن ‹گورنشتاين› أن النسخة الأولية للبرهان جاهزة، غير أن الاحتفال بهذا الإنجاز مازال مبكرا. فقد ظهرت مشكلة شائكة في مقطع يقع في 800 صفحة، واستغرق الخوض فيه بعض الوقت قبل أن يتم البت فيه بنجاح. وكان بعض الرياضياتيين يزعمون من حين إلى آخر أنهم عثروا على عيوب أخرى في البرهان أو أنهم وجدوا زمرا جديدة تخرج عن نطاق القواعد المتبعة. لكن حتى هذا التاريخ، فشلت جميع تلك الادعاءات التي كانت ستطيح بالبرهان. ويقول ‹سلمون› إنه واثق تماما من أن هذا البرهان سيصمد.

لقد عكف ‹گورنشتاين› على النظر في وثائق النظرية المشتتة والمتداخلة بشكل غير منظم. وقد وصل الوضع إلى هذه الحال جرّاء التطور العشوائي للبحوث. وهكذا أقنع ‹گورنشتاين› الرياضياتي ‹ليونس› - وفي عام 1982 نصب الاثنان كمينا لـ‹سلمون› للانضمام إليهما - وذلك للمساعدة على القيام بالمراجعة والتنقيح بهدف تقديم عرض للبرهان أكثر وضوحا وتنظيما، حيث سيصبح هذا العمل ما سيسمى لاحقا النسخة الثانية (أو الجيل الثاني) للبرهان. ويقول ‹ليونس› موضحا: «كان هدفنا عرض منطق وخطوات البرهان، ومن ثم إعفاء الأجيال القادمة من الحاجة إلى إعادة اكتشاف الحجج والأدلة على صحته. وفضلا عن ذلك، كان الجهد يرمي إلى تقليص عدد صفحات البرهان البالغ 15 ألف صفحة إلى نحو 3000 أو 4000 صفحة.»

فكر ‹گورنشتاين› في إصدار سلسلة من الكتب تُعنى بجمع كل المقاطع المشتتة في البرهان وتبسيط المنطق الصعب في بعض المقاطع، وإزالة التكرارات. وخلال الثمانينات من القرن العشرين، لم يكن البرهان في متناول الجميع بل كان في

(١) the National Science Foundation

رياضيات عمل روابط(*)

ترتبط نشـأة نظرية الزمر ارتباطا وثيقا بمأساة. لقد ظهرت في القرن التاسع عشر مع <E. گالوا>، الثوري العجول الفرنسي الذي كان سـعيه إلى الإطاحة بالنظـام الملكي في بلاده يعادل حبه لدفع الرياضيات إلى الأمام قدر المستطاع. وخلال سنوات المراهقة، اكتشـف <گالوا> طرقا مبتكرة لحل بعض المعادلات، فتمكن من إيجاد جسور بين مجالات متباعدة في الرياضيات.

كان <گالـوا> عبقريـا ولكنه لم يكن محظوظـا حيث توفي وعمـره 20 عاما وذلـك عـام 1832؛ إذ كان ضحية لرصاصة أصابت معدته خلال مبارزة من أجل فتاة كان مولعا بها.

وقد تكهن المؤرخون بأن المبارزة ربما كانت محاولة اغتيال، أو انتحاراً مبيتاً، أو مثالا مأسـاويا لمخاطر عشق غير متبادل. وأشارت دراسات حديثة إلى احتمال وجود مسدس واحد حمل بالرصـاص، لكنه لم يكن المسـدس الذي كان بحوزة الشـاب الموهوب. وكان <گالوا> قد كتب في رسالة ليلة مبارزة: «سأموت ضحية لمدللة سـيئة السـمعة ولمخدوعيها.» وفي رسالة أخرى خطهـا في تلك الليلة، وضـع العديد من أفـكاره حول الزمر. وخلال قرن ونصف بعد وفاته ازدهرت نظرية الزمر انطلاقا من هذه الكلمات الأخيرة التي تركها رجل يحتضر. ولم تمضِ عقود حتى صارت الزمر حقلا قائما بذاته.

الزمرة، في الرياضيات، هي مجموعة من الأشياء غير المحددة والمرتبطـة فيما بينها بعملية معينة. وعلى سـبيل المثال، فالأعداد الصحيحة تشـكل زمـرة عند تزويدهـا بعملية الجمـع. كما أن الدورانات لشـكل هندسـي التي تحافظ على مظهر ذلك الشـكل تمثل زمرة [انظر المقال الرئيسي]. وتستخدم الكيمياء نظرية الزمر لوصـف تناظرات البلور أو البنيـة الجزيئية، وهذا أمر مهم يعتبر بمثابـة مفتاح فهـم الخصائص الفيزيائية للمـادة. كما أن بعض المفاهيم الرياضياتية المسـتخدمة في تصميم **الكـودات** codes – وفكها – كالمفتاح العام **للتشفير**(1)، تعتمد على نظرية الزمر.

وبعد وفاة <گالوا>، تسـابق علمـاء الرياضيات لبناء الزمر وتفكيكها ودراسـتها. وفي البداية، كان البحث فيها يبدو بحثا مجردا، ولكن عالمة الرياضيات الألمانية <E. نوثر> وجدت في مطلع القرن العشـرين صلة بين التناظر – أي نظرية الزمر – وقوانين الانحفاظ الفيزيائية. (على سبيل المثال، لا يمكن تدمير الطاقة أو خلقهـا). لقد مهد عملها المتميز الطريق لعلماء الفيزياء النظرين لاسـتخدام نظرية الزمر من أجل فهم جيد للتناظر الكامن وراء **الجسيمات الأساسية**(2) – وكذا التنبؤ بوجود عدد كبير منها لم يكن قد اكتشـف بعد. وهكذا تطورت نظرية الزمر حتى تجاوزت حدودها وأصبحت أداة قوية لإدراك نسيج الواقع.

متناول نخبة من الخبراء المتمرسـين دون غيرهم. لقد اشتغل علماء الرياضيات في هذا البرهان منذ عقود وكانوا يرغبون في أن يكونوا قادرين على مشاطرة الأجيال القادمة في هذا الإنجاز. ومن شأن النسخة الثانية من البرهان أن تزيل بعض مخاوف <گورنشتاين> من أن تضيع سدى تلك الجهود التي بذلوها بين الكتب الضخمة في المكتبات المغبرة.

لم يعش <گورنشـتاين> طويلا حتى يشـهد آخر قطعة من البرهان تأخذ مكانها، كمـا أنه لم يحضر الاحتفال في منزل <سـميث> و<باكسـتر>. فقد توفي في عام 1992 إثر إصابته بسرطان الرئة. ويتذكر <ليونس> أن <گورنشتاين> «لم يتوقف عن العمل قط.» ويستطرد: «كانت لدينا ثلاث محادثات قبل يوم من وفاته، كانت كلها تدور حول البرهان. ولم تكن هناك عبارات وداع أو حديث في أمور أخرى، لا كلام إلا عن البرهان.»

إعادة البرهان من جديد(**)

صدر المجلد الأول للنسخة الثانية من البرهان عام 1994. وكان النص اسـتعراضياً أكثر من النـص الرياضياتي المألوف ولم يشمل سوى قسـمين من بين الثلاثين قسما المقترحة التي من المفترض أن تغطي تماما برهان النظرية العملاقة. ونشر المجلد الثاني عام 1996، وتواصل صدور المجلدات الواحد تلو الآخر حتى نشر المجلد السادس عام 2005.

يقول <فوت> إن مقاطع النسـخة الثانية من البرهان أكثر انسجاما من المقاطع الأصلية. ويوضح ذلك بالقول: «الأجزاء التي نشرت كانت مكتوبة بشكل أكثر اتساقا وأفضل تنظيما،» مضيفا: «من الناحية التاريخية، فإنه من المهم أن يكون البرهان بأكمله في مكان واحد. وإلا أصبح نوعا من الفولكلور، بمعنى مـا. وحتى لو كنـت تعتقد أن البرهان قـد أُنجز تماما، فإنه يصبح من المستحيل التحقق من ذلك.»

لقد أنهى <سلمون> و<ليونس> المجلد السابع هذا الصيف، وهناك مجموعة صغيرة من الرياضياتيين الذين حققوا تقدما في المجلدين الثامن والتاسـع. ويقدر <سـلمون> أن البرهان المختصر سوف يتطلب في نهاية المطاف 10 أو 11 مجلدا، وهو ما يعني أنه لم ينشر من البرهان المُنقَّح سوى نصفه.

(*) The Math of Making Connections
(**) PROVING IT AGAIN
(1) cryptography
(2) fundamental particles

ويلاحــظ ‹ســلمون› أن الــ10 أو 11 مجلدا لــن تغطي تماما النســخة الثانية من البرهان. وحتى النســخة الجديدة المختصرة، فإنها تشــمل إحالات إلى مجلدات إضافية وإلى نظريات ســابقة تم البرهان عليها في أماكن أخرى. وهكذا، فبشكل من الأشــكال، يرى البعض أن الأمر يتعلق بالطبيعة التراكميــة للرياضيات؛ فكل برهان لا يمكــن أن يكون نتاج زمانه فحســب بل نتاج أفكار ظهرت على مَرّ آلاف الســنين سبقت ذلك.

وفي عام 2005، نشــر الرياضياتــي ‹E. B. ديڤيس› [من جامعــة كينگ كوليــج بلندن] مقالا في المجلــة Notices التي تصدرها **جمعية الرياضيــات الأمريكية** (AMS)[1] جاء فيه: «إن البرهان لم يكتب قطُّ بأكمله، ولا يســتطيع أن يكون كذلك قطّ، وبالطريقة المتوخاة في الوقت الحاضر، لن يكون البرهان مفهوما لأي شــخص بمفــرده.» وقد أثار هــذا المقال فكرة مقلقــة مفادها بأن بعض الأعمال الرياضياتية قد تكون بالغة التعقيد، لدرجة أن الإنسان يعجز عن فهمها. فقد أدت كلمات ‹ديڤيس› بـ‹ســميث›، وبشــركائه الثلاثة في تأليف الكتاب، إلى وضع المؤلف الموجز نســبيا الذي تم الاحتفال بصدوره في لقاء عام 2011.

قد يتجاوز برهــان النظرية العملاقة نطــاق كفاءة معظم الرياضياتيين – ناهيك عــن الهواة الفضوليين – إلا أن مبدأ تنظيمه يوفر أداة قيمة مفيدة للمستقبل. فمن المعلوم أن لعلماء الرياضيات تقليدا ممتــدا عبر العصور يتمثل بإثبات حقائق مجردة قبل عقود، بــل قبل قرون من أن تصبح تلك الحقائق مفيدة خارج الحقل الذي بُرهنت في إطاره.

ويلاحظ ‹سلمون› في هذا السياق: «إن الشيء الوحيد الذي يجعل المســتقبل مثيرا هو أنه من الصعــب تنبؤه.» ويضيف: «العباقــرة يأتون بأفكار لم تخطر على بال أحد من جيلنا. وثمة افتتــان ورغبة وحلم بأن هناك فهمــا أعمق لا يزال في المتناول في قادم الأيام.»

الجيل القادم[*]

وهــذه العقود من التفكير العميق لم تدفع البرهان إلى الأمام فحســب بل كانت وراء تشــكيل مجموعة، بــل مجتمع، من المختصين. وتقول ‹G. باكستر› – التي تكونت كرياضياتية – لقد شــكل علماء نظرية الزمر مجموعــة اجتماعية على نحو غير مألــوف، ملاحظةً أن «الناس في نظريــة الزمر غالبا ما يكونون أصدقاء مدى الحياة»، ومشــيرة إلى أنك «تراهم في اللقاءات والأســفار معا، وهم يذهبون إلى الحفلات معا، حقا إنها مجموعة رائعة.»

وهذا ليس غريبا لأن هؤلاء الرياضياتيين الذين عايشــوا الظروف المثيرة المرتبطة بنهاية النســخة الأولى من البرهان، حريصون على الحفاظ علــى أفكار البرهان. وبناء على ذلك، جنَّد ‹سلمون› و ‹ليونس› رياضياتيين آخرين للمساعدة على اســتكمال الصيغــة الجديدة للبرهان والحفــاظ عليها لجيل المســتقبل. ولم يكن هذا الأمر يســيرا، ذلــك أن العديد من الرياضياتيين الشــباب كانوا يرون هذا البرهان كعمل قد تم إنجازه، وهم متعطشون إلى شيء غيره.

وفضــلا عــن ذلك، فإن العمــل على إعادة كتابــة برهان تم إنجــازه لنظريــة الزمر لا يبعث على الحماس. وكان ‹ســلمون› قد وجد معجبة وفيّة لهذه النظرية تتمثل بشــخص ‹كاپدبوسك›، وهي واحدة من عدد قليل من الرياضياتيين الشباب الذين حملوا المشــعل وراحوا يســتكملون النســخة الثانية من البرهان. فقد أصبحت تعشق نظرية الزمر بعد أن تابعت محاضرات سلمون.

وتقول ‹كاپدبوســك›: «أمر غريب، أذكــر أنني كنت أقرأ وأحــل التمارين، وواثقــة بأنني كنت أحب ذلــك. إنها كانت جميلة.» لقد انكبت على العمل في موضوع النســخة الثانية للبرهان بعد أن طلب إليها ‹ســلمون› المســاعدة على تحديد بعض المقاطع الناقصة التي من شــأنها أن تُضم إلى المجلد السادس. وتشــير ‹كاپدبوســك› إلى أن التسلسل المنطقي للبرهان يجعل الرياضياتيين يبحثون عن مقاربات للمســائل العويصة أكثر وضوحا.

وتوضح ‹كاپدبوســك› الأدوار فــي الجهود الرامية إلى صقل المســودة: كان ‹گورنشتاين› و ‹ليونس› و ‹سلمون› قد وضعوا الخطة الواجــب اتباعها. أما وظيفتها هي وعدد قليل من الشــباب، فتقول إنها كانت تتمثــل بالتأكد من أن جميع المقاطع قــد وضعت في أماكنهــا الصحيحة: «لدينا خريطــة طريق، وإذا اتبعناها، فلابد في نهاية المطاف من أن ينجلي البرهان.» ■

(*) THE NEXT GENERATION
(١) *the American Mathematical Society*

مراجع للاستزادة

The Classification of the Finite Simple Groups: A Personal Journey: The Early Years. Daniel Gorenstein in A *Century of Mathematics in America*, Part I. Edited by Peter Duren, with the assistance of Richard A. Askey and Uta C. Merzbach. American Mathematical Society, 1998. www.ams.org/samplings/math-history/hmath1-gorenstein33.pdf

A Brief History of the Classification of the Finite Simple Groups. Ronald Solomon in *Bulletin of the American Mathematical Society*, Vol. 38, No. 3, pages 315–352; 2001. www.ams.org/journals/bull/2001-38-03/S0273-0979-01-00909-0

The Equation That Couldn't Be Solved: How Mathematical Genius Discovered the Language of Symmetry. Mario Livio. Simon & Schuster, 2005.

Symmetry and the Monster: One of the Greatest Quests in Mathematics. Mark Ronan. Oxford University Press, 2006.

***Scientific American*, July 2015**

حرب الإيبولا(*)

كيف دفعت أكبر فاشية مرضية مسجلة عملية تطوير لقاحين تجريبيين وعلاجين واعدين.

<H. برانسويل>

غالبا ما يتحدث الباحثون عن سباق بين ڤيروس الإيبولا والناس الذين يصابون به. ويفوز المريض في السباق فقط إذا تمكن جهازه المناعي من التغلب على الڤيروس قبل أن يدمر معظم أعضائه. وتفوز الجماعات في السباق إذا استطاعت عزل الإصابات الأولى قبل انتشار المرض. وستفوز البشرية في هذا السباق إذا طورت العلاجات، في المحصلة، لقاحا قبل أن يجد الڤيروس موطئ قدم دائم في مدن المعمورة.

لسنوات عدة، امتلك الإيبولا ميزة طبيعية. فعدد المصابين في الفاشيات المرضية كان محدودا (أقل من مئة شخص في العادة) وكانت قصيرة الأمد (أقل من خمسة أشهر)؛ مما حرم الباحثين فرص تجربة العلاجات المحتملة. ففي الوقت اللازم لهم لتهيئة التجارب السريرية، يكون التهديد قد زال. وقد وجدت شركات الأدوية ومجموعات البحث أنه من الصعب تبرير التمويل المالي لمواجهة مرض – على الرغم من فظاعته – احتاج إلى أربعين عاما قبل أن يُوقع 1600 ضحية. فهناك أمراض أخرى تبدو أكثر إثارة للقلق: كالملاريا والسل و**ڤيروس عوز المناعة المكتسب** (HIV)، التي قتلت أكثر من ثلاثة ملايين شخص في عام 2013.

وهذه الحسابات التي كانت تفرض نفسها بقوة تغيرت تماما خلال جائحة الإيبولا الحالية في غرب إفريقيا، فهي الأوسع والأطول مدة على الإطلاق. ففي منتصف الشهر 1 أصيب 21 000 شخص على الأقل في سيراليون وليبيريا وغينيا، وعزيت أكثر من 8500 حالة وفاة إلى هذا المرض. وقد أدرك قادة الصحة العالمية أن أي تراخٍ إضافي قد يُمكِّن الڤيروس من الانتشار إلى مناطق أبعد بكثير من منطقة الجائحة؛ مما استدعى استجابة عالمية كبيرة لتحديد وعزل أولئك الذين قد يحملون معهم الإيبولا إلى بلدانهم، إضافة إلى تأسيس العشرات من مراكز المعالجة الإسعافية وتزويدها بالعناصر اللازمة للعناية بالمرضى، وتجنيد ما يكفي من الفرق للدفن والتخلص من الجثث.

وللمرة الأولى على الإطلاق، حصل العلماء على جائحة إيبولا واسعة ومستمرة بما يكفي لإجراء تجارب سريرية مكثفة تهدف إلى اكتشاف علاجات أفضل، جائحة قد يكون من المستحيل كبحها بدون تطوير لقاحات وعقاقير جديدة. كما كسبوا، وللمرة الأولى، قبولا واسع النطاق لتطبيق هذه العلاجات التجريبية ميدانيا. وهذه الجهود غير المسبوقة قد تكون مفيدة في التصدي لجائحة الإيبولا المقبلة أكثر من فائدتها في الحد من الوباء الحالي. لكن، إذا ما نجح الباحثون هذه المرة، فسيضمن ذلك ألا تكون للإيبولا اليد العليا عندما يهاجم البشر مجددا، وهو حاصل لا محالة.

قاتل ماكر(**)

من المثير للدهشة أنه على الرغم من العدد الهائل من حالات الإصابة على مدى الأشهر الخمسة عشر الماضية، فإن الكثير عن ڤيروس الإيبولا لايزال مجهولا – أين يقبع، كيف يتأتى له مهاجمة البشر من حين إلى آخر ولماذا لايصاب به الكثيرون

(*) EBOLA WAR
(**) CUNNING KILLER

باختصار

طالما بقيت جائحات الإيبولا صغيرة ومتفرقة، فستكون حظوظ الباحثين ضعيفة لتجربة وتوزيع اللقاحات أو كشف علاجات أفضل.

غيّرت **الجائحة الحالية** في غرب إفريقيا جميع الاحتمالات – وهي الأوسع حتى الآن – فقد ركزت الانتباه والموارد في محاربة القاتل العنيد.

يهرع الباحثون إلى تجربة بعض العلاجات واللقاحات المحتملة، على أمل بإنقاذ آلاف الأرواح.



درع واقية: يرتدي عمال المستشفى ملابس واقية قبل الدخول إلى جناح الإيبولا في منروڤيا بليبيريا.

عندما يبدأ بالانتشار. (في المعدل، نقل كل مصاب، خلال هذه الجائحة، الڤيروس إلى واحد أو اثنين آخرين، خلافا للأمراض شديدة العدوى كالحصبة، حيث ينقل كل مصاب العدوى إلى 18 شخصا آخر.)

ومع أن ڤيروس الإيبولا ليس أشد الڤيروسات **إعدائية** contagious، إلا أنه قاتل فعال بشكل فريد للبشر والرئيسات. فحتى نهاية عام 2014، قدرت نسبة الوفاة بـ70% من المصابين بالمرض في غرب إفريقيا، وهي وفاة تحدث خلال أيام، وغالبا بعيدا عن مرأى السلطات الصحية.

وتعتمد السرعة والشدة اللتان يتغلب بهما الڤيروس على شخص ما على عاملين اثنين بأقل تقدير: كمية الڤيروسات المجتاحة وكيفية دخولها الجسم في البداية. وبعد أن تجاوزت المجموعات الأولى من الڤيروس حاجز الأنواع - من خفافيش الفاكهة إلى البشر كما يعتقد - لم تكن بحاجة إلى الكثير لتستمر سلسلة الانتقال. فالعديد من ضحايا الإيبولا أصيبوا **بالعدوى** infected لدى تحضير جثث أقربائهم من ضحايا المرض للدفن. إن مسح القيء عن ذقن مريض أو تنظيف نوبة إسهال عند طفل مصاب تكفي أيضا لنقل الڤيروس الذي يتمكن من دخول الجسم بعد أن يقوم أحد مقدمي الرعاية هؤلاء بلمس عيونهم أو شفاههم أو أنوفهم أو أفواههم بأيديهم الملوثة. وإذا تمكن قدر كاف من الڤيروسات من الولوج إلى مجرى الدم، كما هي الحال في وخزة خاطئة بإبرة ملوثة، فإنه: «لا يمكن أن ينقذك أي شيء على ما أعتقد، فقط تم اجتياحك،» كما يقول <G. توماس> [عالم الأحياء الدقيقة من فرع الطب بگالڤستون في جامعة تكساس].

وتقدم تقارير التشريح والباثولوجيا أفضل الطرق لدراسة كيفية انتشار الڤيروسات داخل الجسم، لكن القليل منها أجري على ضحايا الإيبولا؛ لما في ذلك من مخاطر العدوى العارضة للعاملين على إنجاز مثل هذه الإجراءات **الباضعة**[1]. فقد أظهرت دراسة علمية حديثة أنه قد تم إجراء عمليات تشريح أو أخذ خزعات بعد الوفاة على 29 حالة بشرية فقط خلال تاريخ المرض الذي يبلغ قرابة الأربعين عاما.

ومع ذلك، تظهر الدراسات التي أجريت حتى الآن على الحيوانات وكذلك التحاليل الباثولوجية أن ڤيروسات الإيبولا تقوم بضربة أولى مدمرة للجهاز المناعي. فكما هي الحال مع غيره من الڤيروسات، يتحتم على الإيبولا استخدام آليات الخلايا التي يخمجها لتصنيع نسخ إضافية عنه. ومن أهدافه الأولية الخلايا المسماة **الخلايا المتغصنة** dendritic cells، التي تؤدي عادة دور الحراسة العامة أثناء قيامها بدوريات مراقبة في أنسجة الجسم المختلفة، وكذلك **البلاعم** macrophages،

(1) invasive



المؤلفة

Helen Branswell

مراسلة طبية لدى The Canadian Press، وبدأ اهتمامها بالأمراض الطارئة عند تغطيتها وباء SARS في عام 2003.

التي تبتلع الخلايا المتضررة. وبدلا من أن تتحاشى ڤيروسات الإيبولا خطوط الدفاع الأولى هذه، يبدو أنها تستهدفها بالذات وتبدأ بالتكاثر داخلها. ويحقق هذا الهجوم الجريء هدفين: تعطل الڤيروسات القدرة الطبيعية لهذه الخلايا على إطلاق عمل باقي الجهاز المناعي، كما تحصل على مطية مجانية، تسافر على متنها دون مضايقة إلى العقد اللمفية والكبد والطحال وأماكن أخرى في الجسم.

وكأن تكتيكات **حرب العصابات** guerilla tactics هذه لا تكفي؛ لذلك يلجأ ڤيروس الإيبولا إلى خدعة أخرى لإخفاء وجوده: فهو يعد طعما لإلهاء الجهاز المناعي. ويجبر الڤيروس الخلايا المخموجة على تصنيع كمية كبيرة من مركب يدعى **البروتين السكري الإفرازي** secreted glycoprotein، أو sGP، يطلق في مجرى الدم، وهو مركب يشبه كثيرا جزيئا آخر يعرف بـGP، وهو بروتين مميز يبرز من غلاف الڤيروس، وعادة ما يَستهدف نظام المناعة هذا البروتين بهدف القضاء على الڤيروس المرتبط به. ومن خلال خداع الجهاز المناعي ودفعه إلى مهاجمة البروتين sGP أيضا، (والذي لا يرتبط بالڤيروس طبعا)، يقوض ڤيروس الإيبولا بشكل أكبر قدرة الجسم على تشكيل دفاع فعال.



خصم ڤيروسي: يحوّل الإيبولا العناية بالمرضى والحداد على الموتى إلى نشاط خطير.

علاجات جديدة(*)

علّمت جائحة الإيبولا الحالية الأطباء والعاملين في مجال الصحة طرقا عملية للتغلب على الڤيروس. فقد كان معلوما لفترة طويلة أنه على الرغم من النكسات المبكرة، فإن الجهاز المناعي يستطيع حشد قواه لهزيمة الڤيروس إذا أعطي ما يكفي من الوقت. ويؤكد العاملون في مجال الرعاية الصحية الذين يواجهون الوباء الحالي أنهم يتمكنون من إعطاء الجهاز المناعي بعض الوقت إذا بدؤوا بإعطاء مرضاهم السوائل الوريدية مباشرة لدى ظهور الأعراض الأولى. وأعطت منظمة الصحة العالمية موافقتها على معالجة بعض المرضى على الأقل باستخدام نقل دم من أشخاص متعافين يحتوي على الكثير من الأضداد بطبيعة الحال، على الرغم من عدم اليقين من جدوى هذه المعالجة.

ويظهر القرار المحفوف بالمخاطر والقاضي بدعم علاجات غير مختبرة مدى اليأس الذي وصل إليه الوضع في غرب إفريقيا. لكن المقاربة تتصف على الأقل بالمنطق، إذ سبق أن استخدمت مصول المتعافين بنجاح في مواجهة شلل الأطفال بين العشرينات والخمسينات من القرن الماضي، وكذلك جائحة الإنفلونزا عام 1918. وبدأت المؤسسة Bill & Melinda Gates بتمويل التجارب السريرية للمصول المضادة للإيبولا في غينيا المتضررة بشدة من هذا المرض.

طبعا، يستطيع العلماء الآن إنتاج الأضداد اصطناعيا وسبق أن فعلوا ذلك في مستحضر يدعى ZMapp، وهو مكون من ثلاثة **أضداد وحيدة النسيلة** monoclonal antibodies تستهدف ڤيروس الإيبولا. فقد اكتسب المستحضر ZMapp مكانة شبه أسطورية في الصيف الماضي حين أصيب الطبيب التبشيري الأمريكي <K. برانتلي> بالإيبولا في ليبيريا، وأصبح أول شخص يتلقى هذا العلاج. وأشارت تقارير وسائل الإعلام أن <برانتلي> الذي كان شديد المرض قبل أن يتلقى أول جرعة من الدواء عن طريق الوريد، تحسن بسرعة واستيقظ في اليوم التالي ليستحم بنشاط. وحين تلقى <برانتلي> العلاج لم يكن قد توافر أكثر من دستة من الأشواط العلاجية (يتألف كل شوط من ثلاث جرعات وريدية)، وخلال أسبوعين استنفدت هذه الكمية الضئيلة.

وكانت عملية ZMapp في مراحل التطوير المبكرة التي تتضمن التجارب على الحيوانات – ولم يكن قد بدأ إنتاجها على نطاق تجاري بعد عندما تفشت الجائحة. ومنذ ذلك الوقت تصاعدت وتيرة التصنيع على أمل البدء **بالتجارب السريرية**

(*) NEW TREATMENTS

clinical trials في غرب إفريقيا في الربع الأول من 2015. لكن، حتى ولو ثبتت نجاعة المستحضر ZMapp، فمن غير المحتمل توافره لكل من يحتاج إليه في المستقبل القريب.

ولم يكن من الممكن أن تتوفر جميع هذه البيانات ليعمل عليها الأطباء لو لم تبدأ الحكومات بإنفاق الأموال في محاولة لتطوير **الترياقات** antidotes خوفا من احتمال تحويل الإيبولا إلى **سلاح بيولوجي** bioweapon. فقد بحث العلماء وطوروا مزيجا من الأضداد في المختبر الوطني الكندي للميكروبولوجيا و**المعهد الوطني الأمريكي للحساسية والأمراض المعدية** (NIAID)[(١)] ومن ثم رخصوا منتجهم لصالح شركة Mapp للصناعات الدوائية البيولوجية التي تعتمد بدورها على الشركة Kentucky BioProcessing لإنتاج الأضداد في نباتات تبغ معدلة جينيا. وتستطيع الشركة Kentucky BioProcessing إنتاج أضداد تكفي لما بين 17 و25 شوطا في كل **دفعة**[(٢)] per batch، و يتطلب ذلك 12 أسبوعا لنمو النباتات وأسبوعين إضافيين لمعالجة المواد.

وتتصاعد الجهود على قدم وساق لتكثيف إنتاج المستحضر ZMapp بشكل ملموس. وتأخذ الحكومة الأمريكية بعين الاعتبار – من خلال هيئة طوارئ الصحة العامة الخاصة بها– إمكانية الاستعانة بمصنع آخر ومضاعفة الإنتاج أربعة أو خمسة أضعاف. إضافة إلى ذلك، يُجري الباحثون دراسات على الرئيسات غير البشرية لتحديد إمكانية تقليل كمية العلاج في كل جرعة أو عدد الجرعات في كل شوط علاجي؛ مما يسمح باستخدام المخزون المتوافر لتغطية عدد أكبر من الحالات.

الحاجة إلى لقاحات[(*)]

في البداية ضاع وقت كثير قبل إدراك مدى اتساع انتشار الإيبولا في غرب إفريقيا؛ مما جزأ **الوباء** epidemic الآن إلى **دستات** dozens من الفاشيات المرضية الصغيرة التي لكل منها خصائص وبائية مختلفة. ويبذل العاملون في الرعاية الصحية والعسكريون والمجتمعات المحلية جهودا بطولية لإنقاذ الأرواح واحتواء المرض. ويشعر الخبراء بالقلق، إذ كلما طال أمد الوباء، زاد خطر استمرار انتقال الإيبولا إلى جيوب في غرب إفريقيا. إضافة إلى ذلك، وبسبب الشلل الذي يسببه الڤيروس لأنظمة الرعاية الصحية في البلدن المنكوبة، تزداد فرص حدوث أزمات صحية أخرى، مثل فاشيات

(*) VACCINE NEEDED
(١) the U.S. National Institute of Allergy and Infectious Diseases
(٢) أو: خبزة، عجينة.


1


2


3

إرادة الحياة: في ليبيريا يتم رش عامل بالمطهرات بعد أن أخرج الجثث من المنازل (1). رجل يستعد لتنظيف منزل أحد المرضى (2). عائلة تستقبل <G. سايون> العائدة إلى كوخها بعد نجاتها من عدوى الإيبولا (3).

الحصبة أو حتى عودة ظهور شلل الأطفال.

إن أحد أفضل الطرق لتفادي هذا المستقبل القاتم يكمن في تطوير و تجربة وتوزيع لقاح ناجع - وهو ما كان مستحيلا خلال الفاشيات الصغيرة السابقة والقصيرة الأمد. ومع تضخم عدد الإصابات في غينيا و ليبيريا وسيراليون خلال الصيف المنصرم، أكدت الوكالات التي توجه جهود الاستجابة الدولية أن **لقاحا فعالا** effective vaccine قد يكون الحل الوحيد لكبح جماح الوباء.

ومع نهاية عام 2014، أجريت دراسات لاختبار أمان لقاحين تجريبيين رائدين يطلق عليهما cAD3-EBO و rVSV-ZEBOV على عدة مئات من المتطوعين في الولايات المتحدة و كندا وأوروبا وعدد من البلدان الإفريقية غير المتضررة. كما ستنطلق مع بداية عام 2015 دراسات أوسع تضم الآلاف من الأشخاص في ليبيريا وسيراليون، وستتبعها تجارب في غينيا.

إن سرعة هذه العملية غير مسبوقة. فالمهمة التي يلزمها عادة من خمس إلى عشر سنوات - تجربة اللقاح وإنتاجه على مستوى واسع - تحدث في أقل من سنة. مع ذلك، ومع بدء انخفاض معدل الإصابات الجديدة في سيراليون في نهاية 2014، ظهرت عقبات أخرى: هل سيكون لدينا عدد كاف من المرضى لتحديد مدى نجاعة اللقاحات؟

لا أحد في فِرق الاستجابة للإيبولا يرغب في رؤية المزيد من الحالات. لكن الواقع في أبحاث اللقاحات لا يسمح لك بالتأكد من فعالية المستحضرات التجريبية إلا في المناطق التي يتنشر فيها العامل المرض. وإذا انخفضت معدلات الخمج[1] كثيرا، فسيتحتم توسيع الدراسات السريرية المقرر أن تضم 27 ألف شخص في سيراليون؛ مما سيزيد من تكلفتها وتعقيداتها والوقت اللازم للوصول إلى إجابات وافية.

ولايزال المنظمون يأملون بتفادي ذلك، كما يقول ‹Ch. لينك› [الرئيس التنفيذي للشركة NewLink Genetics، وهي شركة تقانات حيوية مركزها ولاية آيوا، تطور اللقاح rVSV-ZEBOV بالشراكة مع عملاق الصناعات الدوائية Merck]. وتركز الخطة على أجزاء من ليبيريا حيث يرتفع معدل العدوى فوق المتوسط. ولا شيء سهل فيما يتعلق بمشروع لقاحات الإيبولا، ويقول ‹لينك›: «إن التعقيدات تفوق التوقعات.»

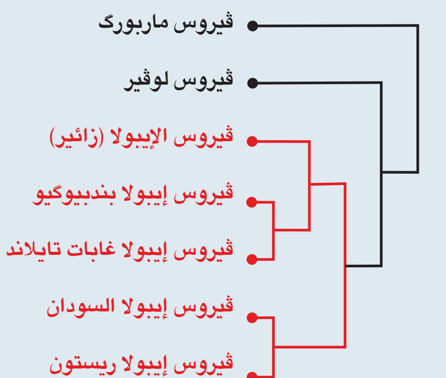
فقد تم تصميم اللقاح NewLink من قبل علماء

كيف يزهق الإيبولا الأرواح[*]

في المراحل المبكرة من الإصابة، يسدد الإيبولا ضربة مزدوجة قاتلة تستهدف نواحي أساسية لكل من الجهاز المناعي وجهاز الدوران. ويسمح الهجوم المدمر على دفاعات الجسم للعامل الممرض بالتكاثر بأعداد كاسحة داخل الخلايا في جميع أنحاء الجسم، بينما يتيح وهن جهاز الدوران والفقد اللاحق للدم فرصا جديدة له لإصابة أشخاص آخرين.

ما هو الإيبولا؟

هو عضو من فصيلة الفيروسات الخيطية (وتدعى كذلك لأنها تأخذ أشكالا خيطية متنوعة). ويتكون الإيبولا من طاق واحد من الرنا[3] RNA وبروتينات مرافقة مغلفة بغشاء دهني. وقد عزل العلماء الآن عضويين من هذه الفصيلة - وهما فيروسي الإيبولا والماربورغ Marburg وتمت زراعتهما في الستينات. كما تم سلسلة جينات عضو ثالث هو فيروس لوفير Lioviu، لكن لم يتم بعد توصيف فيروس اللوفير بشكل كامل في المختبر. ومن بين ذراري الإيبولا الخمس (الموضحة في الأسفل) يبدو أن فيروس ريستون Reston، هو الوحيد الذي لا يسبب المرض للمصابين به.



بروتينات سكرية

رنا RNA

تشريح أساسي:

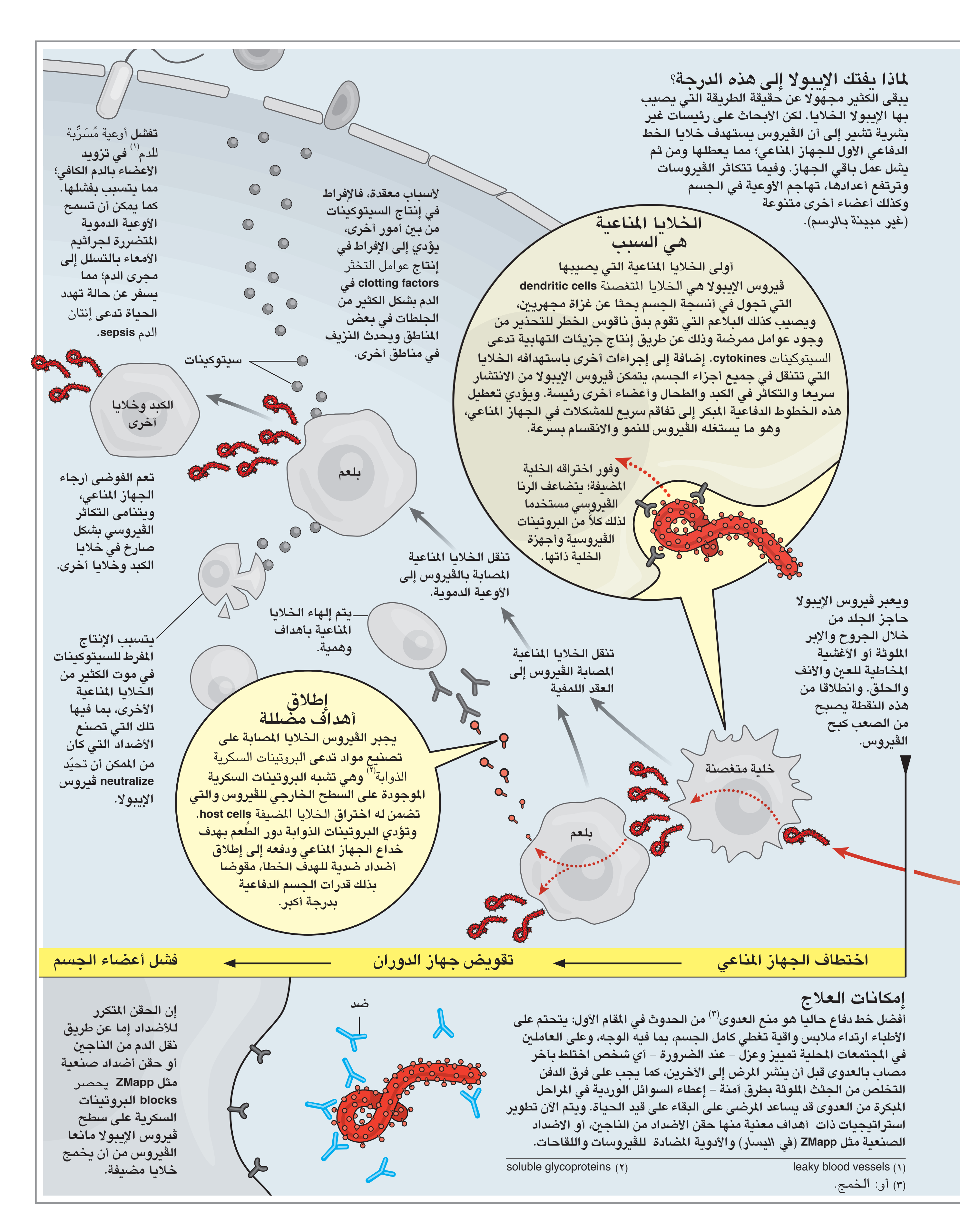
تبرز مركبات تدعى بروتينات سكرية glycoproteins من الغشاء الدهني الخارجي (في اليمين) تساعد الفيروس على الارتباط بالخلايا المضيفة.

(*) How Ebola Destroys Lives

(1) أو: العدوى.

(2) biology of a killer

(3) الحمض النووي الريبي.



لماذا يفتك الإيبولا إلى هذه الدرجة؟
يبقى الكثير مجهولا عن حقيقة الطريقة التي يصيب بها الإيبولا الخلايا. لكن الأبحاث على رئيسات غير بشرية تشير إلى أن الڤيروس يستهدف خلايا الخط الدفاعي الأول للجهاز المناعي؛ مما يعطلها ومن ثم يشل عمل باقي الجهاز. وفيما تتكاثر الڤيروسات وترتفع أعدادها، تهاجم الأوعية في الجسم وكذلك أعضاء أخرى متنوعة (غير مبينة بالرسم).
الخلايا المناعية هي السبب
أولى الخلايا المناعية التي يصيبها ڤيروس الإيبولا هي الخلايا المتغصنة dendritic cells التي تجول في أنسجة الجسم بحثا عن غزاة مجهريين، ويصيب كذلك البلاعم التي تقوم بدق ناقوس الخطر للتحذير من وجود عوامل ممرضة وذلك عن طريق إنتاج جزيئات التهابية تدعى السيتوكينات cytokines. إضافة إلى إجراءات أخرى باستهدافه الخلايا التي تتنقل في جميع أجزاء الجسم، يتمكن ڤيروس الإيبولا من الانتشار سريعا والتكاثر في الكبد والطحال وأعضاء أخرى رئيسة. ويؤدي تعطيل هذه الخطوط الدفاعية المبكر إلى تفاقم سريع للمشكلات في الجهاز المناعي، وهو ما يستغله الڤيروس للنمو والانقسام بسرعة.
وفور اختراقه الخلية المضيفة؛ يتضاعف الرنا الڤيروسي مستخدما لذلك كلاً من البروتينات الڤيروسية وأجهزة الخلية ذاتها.
ويعبر ڤيروس الإيبولا حاجز الجلد من خلال الجروح والإبر الملوثة أو الأغشية المخاطية للعين والأنف والحلق. وانطلاقا من هذه النقطة يصبح من الصعب كبح الڤيروس.
خلية متغصنة
بلعم
تنقل الخلايا المناعية المصابة الڤيروس إلى العقد اللمفية
تنقل الخلايا المناعية المصابة بالڤيروس إلى الأوعية الدموية.
يتم إلهاء الخلايا المناعية بأهداف وهمية.
إطلاق أهداف مضللة
يجبر الڤيروس الخلايا المصابة على تصنيع مواد تدعى البروتينات السكرية الذوابة(٢) وهي تشبه البروتينات السكرية الموجودة على السطح الخارجي للڤيروس والتي تضمن له اختراق الخلايا المضيفة host cells. وتؤدي البروتينات الذوابة دور الطُعم بهدف خداع الجهاز المناعي ودفعه إلى إطلاق أضداد ضدية للهدف الخطأ، مقوضا بذلك قدرات الجسم الدفاعية بدرجة أكبر.
يتسبب الإنتاج المفرط للسيتوكينات في موت الكثير من الخلايا المناعية الأخرى، بما فيها تلك التي تصنع الأضداد التي كان من الممكن أن تحيّد neutralize ڤيروس الإيبولا.
تعم الفوضى أرجاء الجهاز المناعي، ويتنامى التكاثر الڤيروسي بشكل صارخ في خلايا الكبد وخلايا أخرى.
الكبد وخلايا أخرى
بلعم
سيتوكينات
لأسباب معقدة، فالإفراط في إنتاج السيتوكينات من بين أمور أخرى، يؤدي إلى الإفراط في إنتاج عوامل التخثر clotting factors في الدم بشكل الكثير من الجلطات في بعض المناطق ويحدث النزيف في مناطق أخرى.
تفشل أوعية مُسَرِّبة للدم(١) في تزويد الأعضاء بالدم الكافي؛ مما يتسبب بفشلها. كما يمكن أن تسمح الأوعية الدموية المتضررة لجراثيم الأمعاء بالتسلل إلى مجرى الدم؛ مما يسفر عن حالة تهدد الحياة تدعى إنتان الدم sepsis.
اختطاف الجهاز المناعي
تقويض جهاز الدوران
فشل أعضاء الجسم
إمكانات العلاج
أفضل خط دفاع حاليا هو منع العدوى(٣) من الحدوث في المقام الأول: يتحتم على الأطباء ارتداء ملابس واقية تغطي كامل الجسم، بما فيه الوجه، وعلى العاملين في المجتمعات المحلية تمييز وعزل - عند الضرورة - أي شخص اختلط بآخر مصاب بالعدوى قبل أن ينشر المرض إلى الآخرين، كما يجب على فرق الدفن التخلص من الجثث الملوثة بطرق آمنة - إعطاء السوائل الوردية في المراحل المبكرة من العدوى قد يساعد المرضى على البقاء على قيد الحياة. ويتم الآن تطوير استراتيجيات ذات أهداف معنية منها حقن الأضداد من الناجين، أو الاضداد الصنعية مثل ZMapp (في اليسار) والأدوية المضادة للڤيروسات واللقاحات.
ضد
إن الحقن المتكرر للأضداد إما عن طريق نقل الدم من الناجين أو حقن أضداد صنعية مثل ZMapp يحصر blocks البروتينات السكرية على سطح ڤيروس الإيبولا مانعا الڤيروس من أن يخمج خلايا مضيفة.
(١) leaky blood vessels
(٢) soluble glycoproteins
(٣) أو: الخمج.



بينما يراقب العالم: متظاهرون في لندن يطالبون الحكومة البريطانية بفعل المزيد لمكافحة الإيبولا.

في وكالة الصحة العامة في كندا. ويتكون اللقاح من ڤيروس حقيقي **معدَّل** modified هو **ڤيروس التهاب الفم الحويصلي** vesicular stomatitis virus، أو VSV، يضاف إليه جزء من **البروتين الأولي** primary protein الذي يوجد على سطح ڤيروس الإيبولا. ويعد الڤيروس VSV مُمرضا لبعض الماشية لكنه لايؤذي البشر، ويُحدث الڤيروس خمجا بسيطا يحث الجهاز المناعي على ضخ أضداد في مواجهة بروتين الإيبولا. لكن اللقاح لايسبب المرض بحد ذاته.

واللقاح الآخر، cAd3-EBO، كان قد طُوِّر أصلا من قبل علماء في المعهد NIAID. فقد حصلت الشركة GlaxoSmithKline على حقوقه، حينما اشترت شركة تطوير اللقاحات السويسرية Okairos عام 2013. إنه لقاح معطَّل[1] يستخدم **ڤيروسا غدّانيا** adenovirus للشمبانزي معدلا جينيا كوسيلة لتقديم بروتين سطح ڤيروس الإيبولا الرئيس إلى الجهاز المناعي.

ولكل من اللقاحين التجريبيين مساوئ وحسنات. فقد انطلق لقاح الشركة GlaxoSmithKline بمزيد من التجارب المتقدمة على لقاح الشركة Newlink. ولكن تصنيع اللقاح VSV أسهل، وقد توفر عدد أكبر من جرعاته مع نهاية الشهر 2014/12. وإن العدد المطلوب من الجرعات لتوليد مستويات جيدة من الأضداد يعتمد على ما تُظهره الدراسات الأولية.

وهناك مخاوف بأن لقاح الشركة GlaxoSmithKline قد يفشل في توفير الحماية من جرعة واحدة. وسيكون اعتماد نظام ثنائي الجرعة أمراً بالغ الصعوبة – خاصة ذلك الذي يستخدم لقاحين مختلفين للتأسيس ومن ثم للدعم – وذلك بالنظر إلى حالة البنى التحتية للرعاية الصحية في البلدان المتضررة. فمن المتوقع أن يتطلب لقاح الشركة NewLink جرعة واحدة فقط، لكنه قد يُحدِث تأثيرات جانبية خفيفة (لكنها مربكة إلى حدٍ ما) مثل: الحمى البسيطة، والقشعريرة، والآلام العضلية أو الصداع – وهذه بعبارة أخرى، هي بالذات مجموعة من الأعراض التي تبنىء بوقوع الإصابة بالإيبولا. وفي عالم يستعين بهذه الأعراض لكشف إصابات الإيبولا، سيصبح التمييز بين المرضى والأصحاء في مناطق الجائحات أكثر صعوبة.

لقد صممت التجربة في ليبيريا لتحتوي على ثلاثة مسارات. وسيتلقى البعض لقاح الشركة GlaxoSmithKline، والبعض الآخر لقاح الشركة NewLink، كما سيحصل آخرون على **علاج غفل** placebo، وقد يكون لقاح الإنفلونزا أو لقاح التهاب الكبد (B). وقد جادل عدد من العلماء البارزين على صفحات مجلة Lancet ومواقع أخرى في أن التجارب المراقبة بعلاجات غفل في هذه الحالة هي لا أخلاقية. إلا أن **إدارة الغذاء والدواء الأمريكية** (FDA)[2] التي يتعين عليها الموافقة على المستحضرات التي يستعملها الجيش الأمريكي والمؤسسات الصحية؛ ألحّت على إجراء التجارب المراقبة بالدواء الغفل. ويقول <L. بوريو> [المسؤول عن نتائج تجارب الإيبولا في الإدارة FDA]: «نحن بحاجة إلى أن نعلم بشكل محدد وواضح ما هي المستحضرات المفيدة وتلك الضارة في أسرع وقت ممكن. إن ذلك أمر مهم للغاية بالنسبة إلى الأجيال القادمة، وعلينا أن نحصل على ذلك في الحال.»

و<J. فارار> [مدير المؤسسة الخيرية البريطانية Wellcome Trust التي تمول عددا من تجارب العقاقير واللقاحات] كان يأمل باستخدام مقاربات أكثر ابتكارا – اختبارات تستخدم ما يعرف **بالإقحام التدريجي** step-wedge أو **تصاميم**

(١) أو: ميّت.
(٢) the U.S. Food and Drug Administration

المجموعات العشوائية cluster-randomized designs – تسمح للجميع بالحصول على لقاحات فعالة في نهاية المطاف. ومع ذلك، فهو يتقبل التجارب المراقبة بالدواء الغفل ويقول: «أنا لست مرتاحا لها تماما. لكن مقارنة بلقاح تعطيه إلى أشخاص أصحاء حين لاتعلم كم هو آمن ولا تعرف فعاليته، فإنني أقبل بالتجارب المصممة عن طريقة الإقحام التدريجي أو مجموعات العشوائية أو تلك التي تعتمد على المراقبة بالدواء الغفل.»

وفي هذه الأثناء، ستجرى تجربة بطريقة إقحام تدريجي في سيراليون. ويعتمد تصميم هذه التجربة على حقيقة فحواها أن من المستحيل **تلقيح** vaccinate الجميع في الوقت نفسه لتشكيل مجموعات مراقبة؛ والمقارنة تتم بين معدل الإصابات الجديدة في مناطق سبق أن تلقت اللقاح بمعدلها في المناطق التي لم يتم طرحه فيها بعد. ومن حسنات هذه الطريقة أن الجميع يحصل على اللقاح، أما مساوئها: قد يتطلب الأمر وقتا أطول قبل التأكد من نجاعة اللقاح.

في البداية ضاع وقت كثير قبل إدراك مدى اتساع انتشار الإيبولا في غرب إفريقيا؛ مما جَزَّأ الوباء epidemic الآن إلى دستات من الفاشيات الصغيرة التي لكل منها خصائص وبائية مختلفة.

وستشهد غينيا أيضا بعض أشكال التجارب، لكنها ستكون على الأرجح أقل طموحا. والبنية التحتية في هذا البلد هي الأسوأ بين جيرانها؛ مما يجعل إجراء التجارب السريرية مهمة أكثر صعوبة. ويقول <P-M. كيني>، وهو الشخص المعني من قبل منظمة الصحة العالمية بمراقبة الجهود الدولية لتطوير لقاحات وعقاقير للإيبولا، إن الاختبارات في غينيا ستشمل تلقيح العاملين في مجال الرعاية الصحية ضمن دراسة مراقبة لا تتضمن مسار العلاجات الغفل. إضافة إلى ما سبق، قد تمول المؤسسة Gates تجربة لبيان مدى فعالية **تلقيح الحلقة** ring vaccination، وهو تلقيح يتم في محيط حالة معروفة لمنع انتقال العدوى منها. (ويعود الفضل إلى تلقيح الحلقة في القضاء على الجدري في القرن العشرين.)

وهناك عدد آخر من اللقاحات التجريبية التي لا تزال في مراحل مختلفة من التطوير. ويعتقد أن بعضها واعد بشكل يوازي على الأقل منتجات الشركتين GlaxoSmithKline و NewLink. وأحدها تصنعه الشركة Johnson & Johnson، وقد بدأت عليه تجارب الأمان في مطلع الشهر 1. ولكن الشركات التي انضمت إلى السباق من أجل إنتاج لقاحات للإيبولا بعد الشركتين GlaxoSmithKline و NewLink تواجه واقعا اقتصاديا صعبا. فمن المرجح ألاّ يؤخذ بعين الاعتبار أصحاب الترتيبين الرابع والخامس في هذا السباق. وستكون السوق المستقبلية للقاحات الإيبولا محدودة. حيث ستكدس منظمة الصحة العالمية أو (GAVI)[1] على الأغلب مخزونا من المنتج لاستخدامه في الفاشيات المستقبلية. كما ستشتري بعض الدول الغنية بالتأكيد بعض المؤن كدرع في مواجهة **الإرهاب البيولوجي** bioterrorism. لكن السوق لن تكون على الأغلب أكبر من ذلك بكثير. فما لم يتعثر أحد المتسابقين الذين هم في المقدمة، سيفلس من هم في الخلف. «سيحظى الذين يأتون وراء أول اثنين بفرصة فقط إذا فشل أول اثنين»، كما يقول <كيني>.

بالطبع، لا يغيب عن ذهن الباحثين والعاملين في الرعاية الصحية احتمال الفشل الكلي لمساعي لقاح الإيبولا. ومع أن الوباء لم يعد ينمو باطراد كما كان في الشهر 2014/9 الماضي، لكن الجائحة ليست تحت السيطرة بعد. فقد انخفض عدد الإصابات الجديدة في أجزاء واسعة من ليبيريا، لكن انتقال[2] المرض لايزال كثيفا في المقاطعات الغربية والشمالية من سيراليون. وإلى أن يتراجع عدد الإصابات الجديدة إلى الصفر، فسيبقى احتمال ظهور المرض وانتشاره من جديد قائما وحقيقيا.

لقد قضى الآلاف من الناس في عام 2014. وعلى الرغم من المساعي المتواصلة للعديد من العاملين في الرعاية الصحية وفرق الدفن والمتطوعين الآخرين، سيقضي للأسف المزيد من المئات وربما الآلاف في عام 2015. لكن العالم سيدرك خلال الأشهر القادمة بشكل أفضل بكثير المدى والسرعة التي يتحتم علينا أن نسير بها قبل أن نتغلب على هذا الفيروس الغادر. ■

(١) the Vaccine Alliance
(٢) أو: سراية.

مراجع للاستزادة

Ebola: What You Need to Know. In-Depth Reports, ScientificAmerican.com; August 5, 2014.

Camouflage and Misdirection: The Full-On Assault of Ebola Virus Disease. John Misasi and Nancy J. Sullivan in *Cell*, Vol. 159, No. 3, pages 477–486; October 23, 2014. www.cell.com/cell/pdf/S0092-8674(14)01293-8.pdf

Ebola situation reports from the World Health Organization: http://who.int/csr/disease/ebola/situation-reports/en

Scientific American, March 2015

قدرات النياندرتاليين العقلية(*)

أسفرت التحاليل التشريحية و تحاليل **الدنا** DNA والبقايا الثقافية عن أفكار(١) محيّرة في الحياة العقلية(٢) لأبناء عمومتنا المنقرضين الذين يصعب تعرفهم.

<K. وانگ>

فـي يوم صحوٍ فـي جبل طارق يمكنـك أن ترى، وأنت تستكشـف كهـف كورهام، السـاحلَ الشـمالي المتعرج الأرجواني لبلاد المغرب العربي فوق سطح البحر الفيروزي. ويخيم الهدوء في داخل الكهف باسـتثناء ضربات الأمواج على السـاحل الصخـري. ولكن بعيدا عن السـاحل، يعمُّ النشـاط في المضيق الذي يفصل هـذا الطرف في أقصى جنوب شـبه الجزيرة الإيبيرية عن القارة الإفريقية. فهناك تمخـر مراكـب الصيد في البحـر لصيد أسـماك التونة والمارلـين، والسـفن السـياحية التي تنقل السـياح، وهم يشاهدون الجدار الصخري الكلسي لجبل طارق، وناقلات النفط الخام التي تبحر من البحر المتوسط إلى موانئ أوروبا الغربية. لقد جذبت، هذه المنطقة من خلال تياراتها السريعة الغنية بالغذاء ومناخها المعتدل وموقع بوابتها، البشـرَ منذ آلاف السنين.

قطنـت مجموعة من البشـر مثيرة للإعجـاب في هذه المنطقة لمدة عشـرات الآلاف من السـنين وتحملت العيش فـي عصور جليدية متعـددة. وخلال هذه الأزمنة كشـف انخفاض مسـتويات البحر عن سـهل ساحلي واسع أمام الكهـف، حيث ترعرعـت مجموعة متنوعة مـن الحيوانات والنباتات. وقد استطاع النياندرتاليون استغلال هذا الكَرَم المحلي بشكل ذكي؛ إذ كانوا يصطادون الحيوانات الكبيرة كالوعـول والفقمـات والحيوانات الصغيـرة مثل الأرانب والحمام، كما كانوا يصطادون سمك الأبراميس ويجمعون المحار والحلزون (والبطلينوس) من الشواطئ البعيدة؛ كما كانوا يقومون بجمع أكواز الصنوبر من أشـجار الصنوبر الدائمة الخضرة. وأحيانا كانوا يتخذون من رياش الغربان والنسـور زينة يتزينون بريشها الأسـود الجميل. وإضافة إلى ذلك، كانوا ينقشون أرض كهفهم برموز ضاعت دلالاتها مع مرور الزمن.

وتصرف هؤلاء الناس مثلما تصرف أسـلافنا من أفراد **الإنسـان العاقل** Homo sapiens الذين نشـؤوا في إفريقيا بالبنية التشـريحية نفسـها التي لنا فـي الوقت الحاضر، والذين استعمروا فيما بعد كل بقعة من بقاع الكرة الأرضية. ولكنهم لم يكونوا هؤلاء البشـر الحديثين تشـريحيا؛ وإنما كانـوا من النياندرتاليين أبناء عمومتنا من ذوي الأجسـام القصيرة والبدينة والحواجب الثخينة والمعروف أنهم عاشوا في آسيا وأوروبا في الحقبة من 350 ألف سنة إلى 39 ألف

(*) NEANDERTAL MINDS

(١) أو: رؤىً.

(٢) inner lives = mental lives = الحياة العقلية.

(٣) تعود تسمية **البشر الحديثين تشريحيا** anatomically modern humans أو **الإنسان العاقل الحديث تشريحيا** anatomically modern Homo sapiens في علم الإنسـان القديم إلى مظهر أفراد هؤلاء البشر المتناسق مع أفراد «الإنسان العاقل» الحديثين أو أفراد البشر الحديثين.

(٤) أو: الإدراكية.

(٥) أو: بالدماغ.

باختصار

ظلّ **الرأي السـائد لفتـرة طويلة** علـى أن النياندرتاليين كانـوا متخلفـين عن الإنسـان العاقل الحديث تشـريحيا(٣) في قدراتهم العقلية(٤).

وتشـير الدراسـات إلـى أنهم كانوا يختلفـون بالفعل عن الإنسـان العاقل في تشـريح الدماغ و**الدنا** DNA، إلا أن الدلالة الوظيفية لهذه الاختلافات لم تكن واضحة.

توفر **البقايا الثقافية** أفكارا أكثر وضوحا عن قدرات النياندرتاليـين العقليـة وتضيق الفجـوة العقلية المفترضة بينهم وبيننا.

وتشـير نتائج البحوث إلـى أن هناك عوامل لا علاقة لها بالذكاء(٥) دفعت النياندرتاليين إلى الانقراض وسـمحت للإنسان العاقل بأن يتطور.



سنة خلت – أولئك هم النياندرتاليون ذاتهم الذي جاء اسمهم ليكون مترادفا مع الثقافة الشعبية المرافقة للذكاء المتدني والوحشية.

إن الأساس العلمي لهذا الرأي الشعبي المستهجن يعود إلى أسباب عميقة. فعند العودة إلى السنوات المبكرة من القرن التاسع عشر نجد أن اكتشاف أول هيكل عظمي كامل لإنسان نياندرتال في موقع لاشاپل-أوه-سانت[1] في فرنسا أدى إلى مشكلة في صورة هذه المجموعة: فالتشوهات في الهيكل المعروفة الآن التي تعكس عمره القديم كانت تعتبر علامات انحطاط عقلي ومستوى دون البشر.

ومنذ ذلك الحين تأرجحت آراء علماء الإنسان القديم بصورة متكررة بين الباحثين الذين يرون أن النياندرتاليين أدنى في قدراتهم العقلية من الإنسان العاقل وبين أولئك الذين يرونهم كأنهم متساوون معنا بقدراتنا العقلية. وفي الوقت الحاضر تثير اكتشافات حديثة هذا الجدل. إذ بينت التحاليل الحديثة لبعض الأحافير والدنا القديم أن أدمغة النياندرتاليين كانت مختلفة فعلا – وأقل قدرة عقلية من أدمغة الإنسان العاقل. ومع ذلك تشير **أدلة أثرية** archaeological إلى أن النياندرتاليين كانوا يتصرفون بالأساليب نفسها التي كان يتصرف بها معاصروهم من البشر الحديثين تشريحيا.

ومع تقدم العلماء في نطاق قدرات النياندرتاليين العقلية يزداد الغموض الذي يحوم حول أسباب انقراض أقرب أقربائنا من البشر وذلك على الرغم من سيادته لمئات الآلاف من السنين. وقد بدأ التنافس حول حل اللغز المتعلق بالانقراض، وإن مثل هذه الفكرة ستساعد على الكشف عما كان يميز نوعنا عن باقي أفراد فصيلة البشر – وستساعد أيضا على وضع أفراد البشر الحديثين تشريحيا على الطريق الذي سيصبح فيه نوعنا في الوقت الحاضر النوع الأكثر نجاحا.

معارف عظميّة(*)

لمدة طويلة بحث علماء الإنسان القديم عن أدلة على قدرات النياندرتاليين العقلية في جماجمهم التي تركوها خلفهم. ومن خلال دراسة القوالب الداخلية لقحف دماغهم، تمكن الباحثون من إعادة بناء الشكل الخارجي لدماغ الإنسان المنقرض الذي يكشف عن حجمه الإجمالي، وكذلك عن شكل بعض مناطقه. إلا أن هذه التحليلات فشلت في إظهار اختلافات واضحة بين أدمغة النياندرتاليين وأدمغة أفراد الإنسان العاقل. (يعتقد بعض الخبراء أن النياندرتاليين ما هم إلا مجرد مجموعة أخرى من الإنسان العاقل. غير أن مقالنا هذا يعالج المجموعتين على أنهما نوعان مختلفان من البشر، حتى وإن كانت درجة قرابتهما وثيقة الصلة إلى أبعد الحدود.) لقد كانت تلافيف أدمغة النياندرتاليين

(*) BONY INKLINGS
(1) La Chapelle-aux-Saints



المؤلفة
Kate Wong
‹وانگ› محررة رئيسة في مجلة ساينتفيك أمريكان.

أقل تعرجا من أدمغتنا ولكن حجمها كان كحجم أدمغتنا. وفي الواقع كانت أكبر حجما في كثير من الحالات، بحسب تفسير **المتخصص بعلم الأعصاب القديم**(1) ‹R. هولّواي› [من جامعة كولومبيا]. كما أن فصوص الدماغ الجبهية - التي تتحكم في حل المشكلات، من بين المهام الأخرى - كانت مماثلة تقريبا لفصوص دماغ الإنسان العاقل الجبهية، وذلك انطلاقا من الانطباعات التي تخلفت عنها داخل قحف الدماغ. ومع ذلك، فإن هذه الانطباعات لا تكشف الامتداد الداخلي أو بنية تلك المناطق الرئيسية في الدماغ. وهذه **القوالب الداخلية** endocasts تشكل أكثر الأدلة المباشرة على تطور الدماغ، لكنها تكون محدودة للغاية من حيث إعطاء معلومات مؤكدة حول سلوك النياندرتاليين بحسب ‹هولّواي›.

ففي دراسة تمت في عام 2013 ونشرت على نطاق واسع، ادعت ‹E. بيرس› وزملاؤها [من جامعة أكسفورد] أنها تجاوزت بعض نواقص القوالب الداخلية وقدمت وسيلة لتقدير حجم المناطق الداخلية من الدماغ. فقد استخدم فريقها حجم **تجويف الحجاج (العين)** eyesocket كبديل عن حجم القشرة البصرية التي هي منطقة في الدماغ وتعالج الإشارات البصرية. فقد وجدوا أن جماجم النياندرتاليين التي تم إجراء القياسات عليها كان حجم التجويف الحجاجي أكبر كثيرا من التجويف الحجاجي لأفراد البشر الحديثين - وهذا كان أفضل للتلاؤم مع مستويات الضوء المنخفضة المتاحة، وفق إحدى الفرضيات، في مساكنهم الواقعة في مناطق خطوط العرض العليا - ومن ثم، فإن حجم القشرة البصرية كانت أكبر. ومع المزيد من الحالات الواقعية المكرسة إلى معالجة المعلومات البصرية، يجادل الباحثون في أنه ربما كانت للنياندرتاليين أنسجة عصبية أقل في مناطق الدماغ الأخرى، بما في ذلك تلك المناطق التي تساعدنا على الحفاظ على تواصل اجتماعي واسع، والتي يمكن أن تكون بمثابة المخزن لمواجهة الأوقات الصعبة.

لم يقتنع ‹هولّواي› بهذا الطرح إذ يشير عمله الخاص بالقوالب الداخلية إلى عدم وجود أية وسيلة لتحديد وقياس القشرة البصرية. إضافة إلى ذلك، فإن وجوه النياندرتاليين كانت أكبر من وجوه البشر الحديثين تشريحيا؛ مما قد يفسر الحجم الأكبر لتجويف الحجاج (العين)؛ كما لاحظ ‹هولّواي› أن البشر الحاليين كانوا يختلفون كثيرا بأبعاد قشرتهم البصرية مقارنة بمناطق الدماغ الأخرى، وهذا الاختلاف التشريحي لا يبدو أنه يتوافق مع الاختلافات في السلوك.

وقد وفرت تحاليل **الأحافير**(2) الأخرى دلائل غامضة مشابهة على قدرات النياندرتاليين العقلية. ودراسات عدم تناظر الأطراف وعلامات الاهتراء على الأسنان والأدوات (من استخدامها في التقاط الأشياء مثل جلود الحيوانات خلال معالجتها) أشارت إلى أن النياندرتاليين كانوا يفضلون استخدام اليد اليمنى كما نفعل نحن البشر الحديثون. ويعتبر الاتجاه القوي نحو تفضيل اليد اليمنى إحدى السمات التي تميز الإنسان الحديث عن أفراد الشمبانزي وتنسجم مع حالات اللاتناظر في الدماغ التي يعتقد أن لها صلة باللغة - وهي مكون رئيسي في سلوك الإنسان الحديث. ومع ذلك، فإن الدراسات الخاصة بشكل جمجمة النياندرتاليين في العينات التي تناولت مجموعة من مراحل النمو، تشير إلى أن النياندرتاليين اكتسبوا الحجم الكبير للدماغ من خلال مسلك للنمو يختلف عن مسلك الإنسان العاقل. ومع أن قدرات النياندرتاليين العقلية بدأت بالنمو بطريقة مشابهة لدى الإنسان الحديث في أرحام أمهاتهم، إلا أنها اختلفت عن نمط النمو الحديث بعد الولادة خلال الفترة المهمة من النمو المعرفي.

وقد تكون لهذه الاختلافات في النمو جذور تطورية عميقة. إنّ تحليل نحو 17 جمجمة يعود عمرها إلى ما قبل 430 ألف سنة من موقع الأحافير سيما دو لوس هويسوس(3) في جبال أتابويركا شمالي إسبانيا، بيّن أن أفرادا من السكان هناك، كانوا يعتقدون أنهم أسلاف النياندرتاليين الذين كانت لديهم أدمغة أصغر من أدمغة أفراد السلالة الذين أتوا بعدهم. وهذا الكشف يدل على أن النياندرتاليين لم يرثوا حجم دماغهم الكبير من السلف الأخير المشترك من النياندرتاليين والإنسان الحديث، وإنما تعرَّض هذان النوعان لزيادة في حجم الدماغ بصورة متوازية خلال عملية تطورهما اللاحق.

(1) paleoneurologist
(2) fossils؛ أو: المستحاثات.
(3) Sima de los Huesos

وعلى الرغم من أن حجم أدمغة النياندرتاليين وصل تقريبا إلى حجم أدمغتنا، فإن تطورها المستقل ترك إمكانيات كثيرة لظهور اختلافات في الدماغ مستقلة عن حجمه، كتلك الاختلافات التي تؤثر في الاتصال بين مناطقه.

إشارات جينية(*)

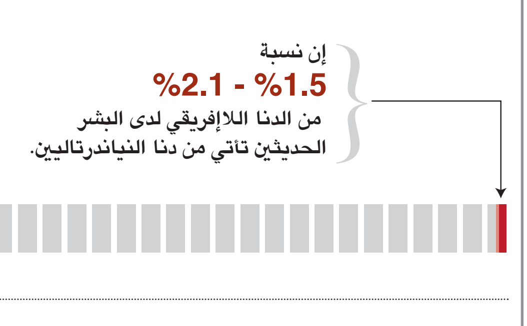
وقد تأتي تلميحات من بعض تلك الاختلافات من تحليل **الدنا** DNA. فمنذ أن نشر مشروع **لجينوم** genome النياندرتاليين في عام 2010، بحث علماء الوراثة في الدنا لاستنتاج طريقة لمقارنة النياندتاليين بالإنسان العاقل. ومن المثير للاهتمام أن يتضح أن النياندرتاليين كانوا يحملون متغيراً لجين يشبه كثيرا ما نحمله نحن البشر يدعى المتغير FOXP2 الذي كان يعتقد أنه يؤدي دورا في عملية التكلم واللغة. إلا أن أجزاء أخرى في جينوم النياندرتاليين تبدو أنها تتباين مع جينوماتنا بشكل ملحوظ. إذ يبدو، من جهة، أن النياندرتاليين كانوا يحملون صيغا مختلفة لجينات أخرى مرتبطة باللغة تشمل الصيغة CNTNAP2. ومن جهة ثانية، فإن من بين 87 جيناً لدى أفراد الإنسان الحديث التي تختلف عن نظرائها عند النياندرتاليين وعند مجموعة بشرية قديمة أخرى من **الهومينين** (**أشباه البشر**) hominin، **الدينيسوڤانيين**(1) the Denisovans، هناك عدة جينات كانت تؤثر في نمو الدماغ وعمله الوظيفي.

ومع ذلك، فإن الاختلافات في **الكودات الجينية** the genetic codes بين النياندرتاليين والبشر الحديثين لا تمثل كامل القصة؛ إذ إن تشغيل وإلغاء تأثير عمل الجينات يمكن أن يؤدي إلى تمييز البشر الحديثين عن النياندرتاليين، أيضا، وهكذا فإن المجموعتين كانتا تختلفان في الطريقة والظروف اللتان كانتا تنتجان بها المواد المكودة بجيناتهما. وبالفعل، يبدو أن المتغير FOXP2 ذاته كان يُعبر بصورة مختلفة لدى النياندرتاليين عنه لدى أفراد الإنسان العاقل مع أن البروتين المصنوع منه هو ذاته. وقد بدأ العلماء بدراسة تعديل الجينات لدى النياندرتاليين ولدى مجموعات بشرية أخرى منقرضة من خلال دراسة أنماط من العلامات الكيميائية المعروفة بعلامات **مجموعات المثيل** methyl groups لدى الجينومات القديمة. والمعروف أن هذه العلامات تؤثر في النشاط الجيني.

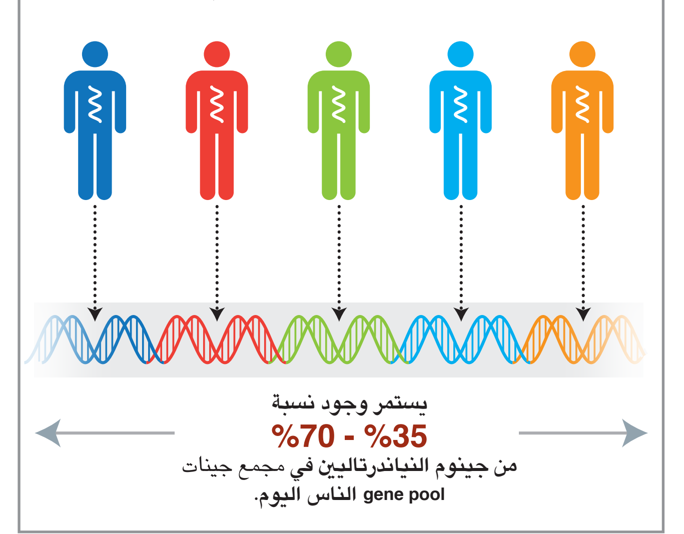
إلا أن السؤال الكبير يكمن فيما إذا كانت الاختلافات في تسلسلات الدنا وفعالية الجينات تترجم اختلافات في الإدراك والمعرفة. وتحقيقا لهذه الغاية، ظهرت أدلة مثيرة من دراسة الأفراد الحاليين الذين يحملون نسبة مئوية صغيرة من دنا النياندرتاليين أنها كانت نتيجة للتزاوج

تركة النياندرتاليين(**)

كشف تحليل الدنا المأخوذ من أحافير النياندرتاليين، أن النياندرتاليين كانوا يتزاوجون بأفراد الإنسان العاقل بعد أن ترك نوعنا إفريقيا. ونتيجة لهذا التزاوج الطويل الأمد يوجد الدنا النياندرتالي في كثير من البشر الحاليين.



إن أي شخص حالي لا يمتلك إلا كمية قليلة من الدنا النياندرتالي. ولكن ليس كل شخص يحمل الأجزاء نفسها. ففي الواقع، إن ضم أجزاء الدنا النياندرتالي من عينة كبيرة من البشر الحديثين، مكّن العلماء من إعادة بناء نسبة 35 - 70% من جينوم النياندرتاليين.



الطويل الأمد بين النياندرتاليين وأفراد الإنسان العاقل.

لقد قام عالم الوراثة <ل. بلانگيرو> [من معهد البحوث الطبية الحيوية في تكساس] بإجراء دراسة لمدة طويلة على عائلات كبيرة في منطقة سان أنطونيو بهدف العثور على الجينات المسؤولة عن أمراض معقدة مثل داء السكري. وفي السنوات القليلة الماضية بدأ <بلانگيرو> بدراسة بنية الدماغ ووظيفته لدى عينات الأفراد المشاركين في الدراسة. فقد بدأ <بلانگيرو>، وهو أحد علماء علم الأحياء

(*) GENETIC HINTS
(**) Neandertal Legacy
(1) إنسان دينيسوڤا: هو نوع من الأنواع المنقرضة من البشر من جنس هومو. وقد اكتُشف في الشهر 3/2010 في كهف **دينيسوڤا** Denisova بالقرب من جبال التاي بسيبيريا وعاش نحو ما قبل 41 000 سنة خلت.

المختص بعلم الإنسان، بالتساؤل عن الطريقة التي تمكنه من استخدام البشر للإجابة عن أسئلة مثل السؤال عن القدرات المعرفية التي كانت لدى النياندرتاليين.

وبدأت الخطة بالتبلور. فقد حصل ‹بلانگيرو› وفريقه، خلال بحثهم عن الأمراض على تسلسلات كاملة للجينوم إضافة إلى صور مسوح **التصوير بالرنين المغنطيسي** (MRI) لأدمغة مئات المرضى. وقاموا بتطوير طريقة إحصائية لقياس تأثيرات بعض المتغيرات الجينية المرتبطة بالمرض في السمات التي يمكن ملاحظتها. لقد أدرك ‹بلانگيرو› وفريقه أن بطريقتهم الإحصائية يمكنهم استخدام جينومات النياندرتاليين والبيانات الجينية والتصوير MRI لمجموعته من البشر الأحياء لتقدير تأثيرات مجموعة المتغيرات الجينية الكاملة للنياندرتاليين - المعروفة **بالنمط الجيني المتعدد** polygenotype - في السمات المرتبطة بالإدراك المعرفي.

وتشير النتائج التي حصلوا عليها إلى أن عدة مناطق رئيسية من الدماغ كانت أصغر لدى النياندرتاليين عما هي عليه لدى أفراد الإنسان الحديث، ويشمل ذلك: منطقة المادة الرمادية السطحية التي تساعد على معالجة المعلومات في الدماغ، ومنطقة **البروكا** Broca التي تبدو معنية في قدرات اللغة، ومنطقة **اللوزة الدماغية**[1] the amygdala التي تتحكم في العواطف والدوافع. وتشير هذه النتائج أيضا إلى أن النياندرتاليين كانت لديهم كمية أقل من المادة البيضاء، وهذا ما يفسر انخفاض عمليات اتصال الخلايا العصبية فيما بينها في أدمغتهم. وهناك سمات أخرى ستؤثر في قدرتهم على التعلم وتذكر الكلمات. ويؤكد ‹بلانگيرو› في عرضه لاكتشافاته في الاجتماع السنوي لجمعية علماء الإنسان الفيزيائيين الأمريكيين في كالكاري في الشهر 2014/4 «أن النياندرتاليين كانوا بالتأكيد أقل مهارة معرفيا، وأنا مستعد للمراهنة على ذلك.»

وبالطبع، فإن عدم وجود نياندرتاليين أحياء الآن يعني عجز ‹بلانگيرو› عن تقدير إمكانياتهم المعرفية ومن ثم تأكيد أو نفي استنتاجاته، إلا أن هناك، نظريا، أسلوباً آخر لاختبار حدسه، إذ سيكون من الممكن استخدام التقانة الحالية في دراسة الوظائف الخلوية الدماغية للنياندرتاليين من خلال التعديل الجيني لخلايا أفراد البشر الحديثين لتحوز على تسلسلات الحمض النووي النياندرتالي وبرمجتها لتصبح **خلايا عصبية**[2] ثم مراقبة هذه الخلايا النياندرتالية في **أطباق پتري** petri dishes. وعند ذلك يمكن للعلماء أن يدرسوا قدرات الخلايا العصبية على نقل **النبضات الكهربائية**[3] وانتقالها إلى مناطق مختلفة من الدماغ وإنتاج **استطالات عصبية** neurites تساعد الخلايا على الاتصال فيما بينها، على سبيل المثال. ويشير ‹بلانگيرو› إلى أنه على الرغم من وجود قضايا أخلاقية عالقة عندما يتعلق الأمر بخلق خلايا نياندرتالية، إلا أن هذا العمل يمكن أن يساعد الباحثين بالفعل على تحديد الجينات المسؤولة عن اضطرابات دماغ الإنسان الحديث إذا كانت التغيرات الجينية تخرب وظائف الخلايا العصبية. ويمكن لهذه النتائج في المقابل أن تقود إلى اكتشاف أهداف لأدوية جديدة.

ولكن الجميع ليسوا مستعدين لاستخلاص استنتاجات حول عقل النياندرتال من الدنا. فقد لاحظ ‹J. هوكس› [من جامعة ويسكونسن-ماديسون] أنه من الممكن أن النياندرتاليين كانوا يحملون متغيرات جينية كانت تؤثر في وظيفة الدماغ، ولكن لم تكن لتلك المتغيرات مقابلات لدى البشر الحاليين لمقارنتها بهم. كما بين أنه إذا كان على المرء أن يتنبأ بلون بشرة النياندرتاليين استنادا إلى الجينات التي يتشاركون فيها مع أفراد البشر الحديثين، فإنه سيستنتج أن لون بشرتهم كان قاتما. ومع ذلك يعرف العلماء حاليا أن المعلومات عن بعض الجينات التي كانت لدى النياندرتاليين لم تعد متداولة ومن المحتمل أنها كانت تخفف من لون بشرتهم. ولكن المشكلة الأكبر في محاولة التحقق في طريقة عمل أدمغة النياندرتاليين استنادا إلى جيناتهم، وفق قول ‹هوكس›، هي في عجز القسم الأكبر من الباحثين عن معرفة طريقة تأثير الجينات في التفكير في نوعنا البشري. ويؤكد ‹هوكس› قائلا: «نحن نكاد لا نعرف شيئا في **علم الجينات**[4] genetics عن إدراك النياندرتاليين بسبب أننا لا نعرف تقريبا أي شيء في علم الجينات عن إدراك البشر الحديثين.»

معارف من اللقى الأثرية[*]

ونظرا لمحدودية المعلومات التشريحية التي يمكن أن توفرها دراسة الأحافير وحقيقة أن بحوث الدنا القديم ما زالت في مهدها، يعتقد الكثير من الباحثين أن النافذة الحقيقية

(*) ARCHAEOLOGICAL INSIGHTS

(١) اللوزة الدماغية (أو اللوزة العصبية أو الجسم اللوزي): هي جزء من الدماغ يقع داخل الفص الصدغي من المخ أمام الحصين، وهي تشارك في الإدراك وتقييم العواطف والمدارك الحسية والاستجابات السلوكية المرتبطة بالخوف والقلق، وهي تراقب باستمرار ورود أي إشارة خطر من حواس الإنسان.

(٢) neurons؛ أو: عصبونات.

(٣) electrical impulses

(٤) أو: علم الوراثة.

تأثير الانسان العاقل(*)

سيطر النياندرتاليون على أوراسيا لمئات الآلاف من السنين إلى أن اجتاح الإنسان العاقل الحديث تشريحيا القادم من إفريقيا عقر دارهم. وحين ذلك انقرض النياندرتاليون. لقد فسر بعض العلماء أن خسارة النياندرتاليين لصالح أفراد الإنسان الحديث كانت بسبب افتقارهم إلى المهارات اللغوية والاجتماعية والإبداع التقني ومقدرتهم على جمع الطعام، وهي مهارات كان يحوزها القادمون الجدد. وكانت تعزى أية إشارة عن تطور للنياندرتاليين في مراحلهم المتأخرة في مواقعهم الأثارية إلى الإنسان العاقل. إذ يشير المجهود الأخير لتحديد زمن انقراض النياندرتاليين من خلال إعادة تحديد عمر عدد من المواقع في أوروبا إلى أن النياندرتاليين كانوا يتعايشون مع أفراد الإنسان الحديث لآلاف السنين في بعض المناطق – وهو زمن كاف للنياندرتاليين كي يتعلموا طرق الغزاة الجدد. إلا أنه على مدى السنوات القليلة الماضية برزت سلسلة من الاكتشافات الحديثة التي تشهد على تطور النياندرتاليين – من عناصر رمزية وأدوات متطورة إلى مجموعة واسعة من بقايا المواد الغذائية – من مواقع التي تسبق بوضوح وصول الإنسان العاقل. ويبقى التساؤل الذي يواجهه العلماء الآن هو معرفة ما إذا كان القادمون الجدد أفضل بالفعل في هذه الأمور أم أن هناك عوامل أخرى أدت إلى انقراض النياندرتاليين.

مناطق النياندرتاليين | مناطق الإنسان العاقل المبكر | ● مواقع لقى النياندرتاليين النموذجية الدالة على سلوكية متطورة

الحقبة من 250 000 إلى 45 000 سنة خلت

الامتداد الأكبر لمناطق النياندرتاليين ومواقعهم مع الأدلة التي تشير إلى سلوكيتهم المتطورة التي تكون قد سبقت قدوم البشر الحديثين تشريحيا.

هولندا
صبغ سائل
(1) موقع ماستريخت-بلڤيدير في الحقبة من 250 000 إلى 200 000 سنة

فرنسا
خيوط ومجموعة بقايا نباتات وحيوانات واحتمالية أسلحة قذف
(2) موقع أبري دو ماراس ما قبل 90 000 سنة

مخالب النسور
(3) موقع كومب كرونال ما قبل 90 000 سنة
(4) موقع ليه فيو في الحقبة من 60 000 إلى 40 000 سنة خلت

القبور
(5) موقع لاشابل-أوه-سانت ما قبل 60 000 سنة

أدوات لمعالجة الجلود
(6) موقع بيك-دو-لازى في الحقبة من 53 000 إلى 49 400 سنة خلت
(7) موقع أبري بيروني في الحقبة من 47 000 إلى 41 000 سنة

إسبانيا
أصداف بحرية ملطخة بالأصبغة
(8) موقع كويڤا دو لوس أڤيونيس ما قبل 50 000 سنة

إيطاليا
أصداف مصبوغة وانتزاع الريش
(9) موقع غروتا دي فوماني ما قبل 47 600 سنة

أوروبا — إفريقيا — آسيا

الحقبة من 45 000 إلى 39 000 سنة خلت

تعايش النياندرتاليون والبشر الحديثون في بعض المناطق لمدة 5400 سنة، وهذا يعني أن بعض البقايا الثقافية للنياندرتاليين المتأخرين يمكن أن تكون من نتاج تأثير البشر الحديثين.

فرنسا
حلي وعظام مطورة وأدوات حجرية
(10) أرسي-سور-كور في الحقبة من 44 500 إلى 40 000 سنة
(11) موقع سان سيزار في الحقبة من 42 000 إلى 40 500 سنة
(12) موقع لا كوينا في الحقبة من 43 300 إلى 41 600 سنة

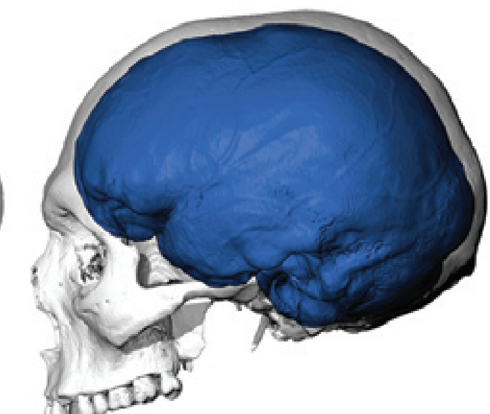
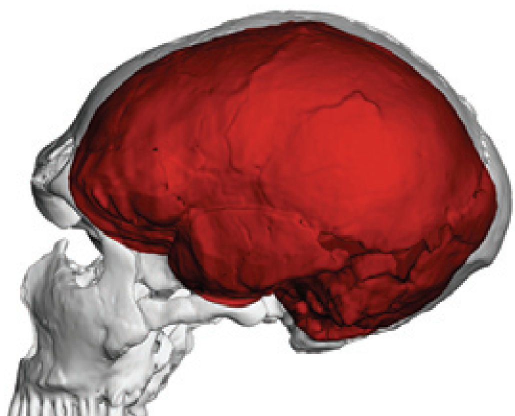
إسبانيا
أصداف بحرية ملطخة بالأصبغة
(13) موقع كويڤا أنتون في الحقبة من 43 500 إلى 37 400 سنة خلت

جبل طارق
نقش الصخور انتزاع الريش
(14) موقع مغارة غورهام كيف ما قبل أكثر من 39 000 سنة خلت

أوروبا — سيبيريا — آسيا — إفريقيا

انتشار الإنسان العاقل المبكر خارج إفريقيا

(*) The Homo sapiens Effect

يختلف **شكل دماغ** إنسان نياندرتال (في اليمين) يختلف عن شكل دماغ الإنسان الحديث (في أقصى اليمين)، إلا أن الكيفية التي كان يؤثر هذا الاختلاف في القدرة التفكيرية غير معروفة.

والأوضح على عقل النياندرتاليين تكمن في السجل الثقافي الذي تركه وراءهم هؤلاء البشر المنقرضون. ولفترة طويلة من الزمن لم يرسم هذا السجل صورة واضحة لأبناء عمومتنا المنقرضين. فقد ترك الأوروبيون الحديثون المبكرون فنوناً راقية وأدوات معقدة وبقايا طعام تدل على قدرتهم على استغلال الكثير من أنواع الحيوانات والنباتات؛ مما سمح لهم بالتكيف مع البيئات الجديدة والتقلبات المناخية. أما النياندرتاليون، بالمقابل، فيبدو أنهم لم يتركوا وراءهم فنونا وبقايا رمزية، كما أن أدواتهم كانت بسيطة نسبيا. ويبدو أنهم كانوا يستخدمون أيضا استراتيجية البحث عن الطعام تتمركز بصورة محدودة على الطرائد الكبيرة. لقد كان النياندرتاليون يتعثرون في أساليبهم، ومن ثم لم يتمكنوا من التكيف مع تدهور الظروف المناخية والمنافسة مع الغزاة أفراد البشر الحديثين.

ومع ذلك، عثر علماء الآثار في التسعينات من القرن الماضي على أدلة تناقض هذا السيناريو، وهي عدد محدود من العناصر الزخرفية وأدوات مطورة نُسبت إلى النياندرتاليين. ومنذ ذلك الحين اختلف الباحثون حول ما إذا كانت هذه العناصر من عمل النياندرتاليين كما ادعوا؛ شكوك برزت لأن عمر العناصر يعود إلى نهاية حقبة النياندرتاليين، الزمن الذي كان فيه الإنسان العاقل موجودا أيضا في ذات المنطقة. (يبدو أن أفراد الإنسان الحديث تشريحيا قد وصلوا إلى أوروبا نحو 44 000 إلى 41 500 سنة خلت، أي بعد مئات الآلاف من السنوات من استقرار النياندرتاليين في هذه المناطق). ويعتقد بعض المشككين أن الإنسان العاقل هو الذي صنع هذه الأعمال الفنية المتطورة التي اختلطت لاحقا ببقايا النياندرتاليين، أو يقترحون احتمالاً آخر، هو أن يكون النياندرتاليون قد قاموا بنسخ مواهب البشر الحديثين أو بسرقة حاجياتهم.

إلا أنه أصبح من الصعب دعم هذا الموقف في مواجهة مجموعة من الاكتشافات خلال السنوات القليلة الماضية التي برهنت على حدة ذكاء النياندرتاليين قبل انتشار الإنسان الحديث تشريحيا في جميع أنحاء أوروبا. «لقد كان هناك تحول كبير من التغيرات الواقعية، فكل شهر يأتي لنا بجديد ومفاجئ صنعه النياندرتاليون،» بحسب ملاحظة <D. فراير> [من جامعة كنساس] «والدلائل الجديدة تشير دائما إلى أن النياندرتاليين كانوا أكثر تطورا ولم يكونوا سذجا.»

وتكشف بعض الاكتشافات الأكثر إثارة للدهشة عن جماليات فنية وفكر مجرد في ثقافات النياندرتاليين التي سبقت وصول الإنسان العاقل. وتشمل اللقى نقوشا ورموزا تدل على استخدام الريش الذي وجد في كهف كورهام. وفي الواقع تم العثور على هذه اللقى من هذا النوع في مواقع أثرية في جميع أنحاء أوروبا. إذ عثر علماء الآثار في كهف كروتا دي فومان في منطقة فينيتو بإيطاليا على ما يدل على استخدام الريش إضافة إلى قواقع حلزون أحفورية جمعت من مسافة 100 كيلو متر على الأقل، وكانت ملطخة بالأحمر ومضمومة بخيط لارتدائها كقلادة منذ ما قبل 47 ألف سنة ماضية على الأقل. لقد أعطى كهفا كويڤا دي لوس أڤيونيس وكويڤا أنطون في جنوب شرق إسبانيا أيضا أصدافا بحرية تحمل آثار الأصباغ. ويبدو أن بعضها استخدم ككؤوس لخلط وحفظ أصباغ حمراء وصفراء وسوداء لامعة قد تكون لأغراض تجميلية، والأصداف الأخرى تحمل ثقوبا؛ مما يدل على أنها كانت تستخدم كَحُليّ. ويعود عمر الأصداف المحورة (المثقوبة والملونة) إلى ما قبل خمسين ألف سنة خلت.

وتدل بقايا أخرى للنياندرتاليين على أن رغبتهم في التزيين تعود إلى أزمنة بعيدة، إذ توثق مواقع في فرنسا وإيطاليا تقليدا يتمثل بجمع مخالب النسور يعود عمرها من الحقبة 90 000 إلى 40 000 سنة خلت. وتبين آثار عمليات القطع على العظام أن النياندرتاليين كانوا يركزون جهودهم على جمع المخالب عوضا عن اللحم. وهذا ما دفع الباحثين إلى الاستنتاج أن النياندرتاليين كانوا يستغلون هذه النسور لأغراض رمزية – ربما لتزيين أنفسهم بالمخالب الملفتة للنظر – وليس لحاجات غذائية.

وهناك مؤشرات أقدم للنواحي الجمالية المرتبطة





كهوف جبل طارق (في الأعلى) وفرت مأوى للأفراد المتطورة من النياندرتاليين. وأضاف أحد النقوش (في اليمين) الذي وجد في أحد الكهوف دليلا على تفكير النياندرتاليين الرمزي.

بالنياندرتاليين أتت من موقع ماستريخت بلڤيدير في هولندا، حيث وجد علماء الآثار بقعا صغيرة من المغرة الحمراء أو من أكسيد الحديد في ترسبات تعود إلى الحقبة من 250 ألف إلى 200 ألف سنة ماضية على الأقل. والصبغ القرمزي كان يُطحن طحنا دقيقا ويخلط بسائل ويرمى على الأرض. ولم يستطع العلماء تحديد غاية النياندرتاليين من استخدام السائل الأحمر إلا أن استخدامه في رسم اللوحات هو أحد الاحتمالات الواضحة، وفي الواقع عندما وجد الباحثون المغرة الحمراء في المواقع المنسوبة إلى الإنسان الحديث المبكر افترضوا أن استخدامها كان لأغراض الزينة.

وتوفر هذه الاكتشافات الجديدة، إضافة إلى تقديم صورة أكثر إشراقا للكثير من أبناء عمومتنا القساة، دلالات حاسمة على عقل النياندرتاليين. لقد اعتبر علماء الآثار، منذ زمن بعيد، الفنون بما في ذلك زخرفة الجسم، لتكون مؤشرا رئيسيا لقدرات البشر الحديثين المعرفية لأنها تعني أن الفنانين قادرون على تصور الأشياء المجردة ونقل هذه المعلومات إلى رموز. إن التفكير الرمزي يمثل قدرتنا على التواصل من خلال اللغة، وهي إحدى الصفات المميزة للإنسان الحديث التي ينظر إليها على أنها حاسمة لنجاحنا كنوع. وفي حال استطاع النياندرتاليون التفكير من خلال رموز كما يبدو أنهم فعلوا ذلك، يكون من المتوقع أنهم كانوا يمتلكون القدرة اللغوية أيضا. وفي الواقع يمكن أن يكون ظهور التفكير المجرد في السلالة البشرية قد سبق آخر سلف مشترك للنياندرتاليين والإنسان العاقل: ففي الشهر 12 كشف الباحثون عن صدفة محار من إندونيسيا زعموا أنها نُقشت بأشكال هندسية من قبل السلف الأكثر بدائية وهو **الإنسان المنتصب** Homo erectus الذي يعود عمره إلى نحو ما قبل 500 ألف سنة خلت.

ومع ذلك، كان يعتقد أن التفكير الرمزي لم يكن المكوّن الوحيد للسلوك الذي ساعد الإنسان العاقل على التقدم، إذ يعد تصنيع الأدوات لاستخدامات متخصصة عنصرا آخر للتقدم وهو العنصر الذي يبدو أن النياندرتاليين قد اتقنوا صناعته أيضا. ففي عام 2013 أعلنت <M. سوريسي> إضافة إلى معاونيها [من جامعة لايدن في هولندا] اكتشاف أدوات عظمية عرفت **بأدوات التنعيم والتلميع** lissoirs – وهي أدوات يستخدمها حرفيو الجلود اليوم لجعل جلود الحيوانات كتيمة وأكثر مرونة ولمعانا – وذلك في موقعين للنياندرتاليين بمنطقة الدوردونيون في فرنسا التي يعود عمرها إلى الحقبة من 53 000 إلى 41 000 سنة خلت. واعتمادا على آثار الاهتراء على القطع الأثرية، كان النياندرتاليون يستخدمونها للغرض ذاته. فقد صنع النياندرتاليون أدوات التنعيم والتلميع من عظام أضلاع القفص الصدري في الغزلان ونحتوا نهاية الضلع التي تربطه بعظم القص لتشكيل نهاية مدورة. ومن أجل استخدام هذه الأداة كانوا يقومون بضغط طرفها على جلد جاف في مكان محدد منه و بدفعه عبر سطح الجلد بصورة متكررة لتنعيمه وتليينه.

وعُثر أيضا على أدلة جديدة لقدرات النياندرتاليين الإبداعية في موقع يسمى أبري دو ماراس[1] جنوب فرنسا سكنه النياندرتاليون نحو ما قبل 90 000 سنة خلت. لقد كشفت التحاليل المجهرية لأدوات هذا الموقع الحجرية التي أجراها <D. هاردي> وزملاؤه [من معهد كينيوم] آثاراً لجميع أشكال النشاطات التي ظن فيما مضى أنها بعيدة عن معارف هذا النوع من البشر. وعلى سبيل المثال، عثر الفريق على بقايا ألياف نباتية ملتفة قد يكون قد استخدمت في صنع الحبال أو الخيوط، يمكن أن تكون بعد ذلك الأساس لتصنيع الشباك والفخاخ والأكياس. وهناك بقايا من الخشب عثر عليها أيضا تدل على أن النياندرتاليين قاموا بتصنيع أدوات من تلك المواد.

(1) Abri du Maras



أداة عظمية لمعالجة الجلود تبدو هنا في أربعة أشكال وهي من بين الأدوات المتطورة التي كان النياندرتاليون يصنعونها.

وبينت تحاليل البقايا أيضا خطأ الاعتقاد أن النياندرتاليين كانوا انتقائيين جدا في طعامهم. إذ بينت دراسات التركيب الكيميائي لأسنانهم إضافة إلى تحاليل بقايا الحيوانات في موقع النياندرتاليين أنهم كانوا يعتمدون اعتمادا كبيرا على اصطياد فرائس كبيرة وخطيرة مثل الماموت والبيزون أكثر من اعتمادهم على مجموعة من الحيوانات وفقا لتوافرها، كما كان يعتمد أفراد البشر الحديثين تشريحيا. ويبدو أن النياندرتاليين في موقع آبري دو ماراس كانوا يستثمرون مجموعة متنوعة من المخلوقات شملت حيوانات صغيرة وسريعة كالأرانب والأسماك - وهي أنواع كان يظن سابقا أنها بعيدة عن متناول النياندرتاليين بما كانت لديهم من معدات تقنية متدنية.

ويجادل بعض العلماء في أن إمكانية العيش جزئيا على الأغذية النباتية هي التي أعطت أفراد الإنسان العاقل ميزة تفوقهم على النياندرتاليين، إذ سمح ذلك لهم بالمزيد من القوت[1] من المنطقة ذاتها من الأرض. (إن العيش على النباتات فقط أصعب لأفراد البشر من **الرئيسيات** primates الأخرى، لأن أدمغة البشر الكبيرة تتطلب الكثير من **السعرات الحرارية**[2] calories ولأن أمعاءنا الدقيقة غير مناسبة لهضم كميات كبيرة من **ألياف النباتات** roughage، وهو تركيب يتطلب معرفة جيدة بالأغذية النباتية وطريقة تحضيرها.) إلا أن النياندرتاليين في موقع آبري دو ماراس كانوا يجمعون النباتات الصالحة للأكل بما في ذلك **الجزر الأبيض** parsnip **الأرقطيون** burdock، إضافة إلى الفطور الصالحة للأكل وهذه النباتات لم تكن كل ما كانوا يجمعونه.

ووفقا لدراسات أجرتها <A. هنري> [من معهد ماكس بلانك لعلم الإنسان التطوري في لايبزيگ بألمانيا] تبين لها أن النياندرتاليين كانوا في رقعة واسعة من أوراسيا - من العراق حتى بلجيكا - يأكلون نباتات متنوعة. ولدى فحصها **قلح أسنان**[3] النياندرتاليين والفضلات المتبقية على الأدوات الحجرية أكدت أن النياندرتاليين كانوا يستهلكون أنواعا تنتمي - إلى حد بعيد - إلى أنواع القمح والشعير الحاليين، بعد طبخها لكي تصبح لذيذة المذاق. وقد وجدت أيضا بقايا من نشاء البطاطا ومركبات تدل على أشجار نخيل. لقد كانت أوجه التشابه بين هذه النتائج ونتائج مواقع الإنسان الحديث المبكر مدهشة. «وعلى أية حال، لقد وضعنا حدًّا لهذه البيانات، إذ لا يبدو هناك اختلافات ذات أهمية بين المجموعتين،» بحسب تصريح <هنري>. وتضيف: «إن الأدلة التي لدينا الآن تشير إلى أن البشر الحديثين الأولين في أوراسيا كانوا يحصلون بصورة أفضل على الأطعمة النباتية.»

فراق منذ عهد بعيد(*)

إذا كان النياندرتاليون يتصرفون بالفعل بأساليب كان يعتقد أنها تميز أفراد البشر الحديثين تشريحيا وتشجع وصولهم إلى الهيمنة على العالم، فإن هذا التشابه يجعل انحدارهم وانقراضهم نهائيا أكثر غموضا. لماذا انقرضوا في حين بقي الإنسان العاقل على قيد الحياة؟ تشير إحدى الفرضيات إلى أن البشر الحديثين كانت لديهم مجموعة أكبر من الأدوات يمكن أن تكون قد دعمت عائداتهم من جمع الطعام. وتشرح <هنري> أن البشر الحديثين كانوا يتطورون في إفريقيا، حيث كان عدد جماعاتهم أكبر من جماعة النياندرتاليين. ومع المزيد من الأفراد الواجب إطعامها، فإن الموارد المفضلة تناقصت، كنقصان عدد الطرائد سهلة الصيد مثلا، وكان على البشر الحديثين أن يطوروا أدوات جديدة للحصول على أنواع أخرى، من المواد الغذائية. وعندما أحضروا هذه التقانات المطورة معهم من إفريقيا إلى أوراسيا تمكنوا من استغلال تلك البيئة بطريقة أكثر فعالية من النياندرتاليين المقيمين. وبعبارة أخرى، كان البشر الحديثون يحسنون مهاراتهم للبقاء على قيد الحياة في ظل ظروف أكثر منافسة من الظروف التي واجهها النياندرتاليون، وهكذا دخلوا مناطق النياندرتاليين مع ميزات أفضل لم تكن متوفرة لدى النياندرتاليين.

لم يحرض العدد الكبير لجماعة الإنسان العاقل على الإبداع فقط، وإنما كان يساعد أيضا على إبقاء التقاليد الجديدة

التتمة في الصفحة 71

(*) A LONG FAREWELL
(1) أو: الطعام.
(2) أو: الحريرات.
(3) teeth

بايتات[١] صوتية[*]

الأذن كاشفة رائعة للأنماط حتى إن العلماء يستخدمون البيانات الصوتية للكشف عن الخلايا السرطانية وعن جسيمات من الفضاء.

<R. كوين>

منذ ثلاث سنوات تقريبا كان الملحّن <L .R. ألكسندر> يجلس أمام حاسوبه المحمول، وهو يستمع إلى ملف صوتي يكفي لدفع معظم الناس إلى النوم: كان صوت رفرفة خافتاً، كصوت عَلم بعيد يلوح في نسيم قاسٍ، يتكرر مرارا وتكرارا، يعلو أحيانا، وأحيانا يصبح أكثر هدوءا.

ولكن <ألكسندر> رجل صبور؛ فبعد خمس وأربعين دقيقة من جلسة استماعه توقفت الرفرفة، وحل محلها صوت أزيز يشبه زئير رياح عبر غابة. وكان الصوت «الأصل المطلق للأزيز،» كما يتذكر.

وفي الواقع كان الصوت يمثل شيئا قريبا لصوت الرياح: الرياح الشمسية، اندفاع هائج عبر الفضاء لجسيمات مشحونة مقذوفة من الشمس بمعدل مليون طن في الثانية الواحدة. وفي عام 2008 قامت المركبة الفضائية Wind التابعة لوكالة الفضاء الأمريكية ناسا (NASA) بقياس المجال المغنطيسي الذي تولده هذه الجسيمات عند اقترابها من الأرض. فالمجال صامت تماما، لكنه يتذبذب في القوة والاتجاه. ويعمل <ألكسندر>، وهو أيضا طالب دراسات عليا في جامعة ميتشگان على البيانات الشمسية، حيث قام بتطبيق خوارزميته الخاصة لتحويل هذه التباينات إلى أصوات مسموعة.

وهذه الترجمة لتلك البيانات أكثر من مجرد هواية، ففي سن الثلاثين كان <ألكسندر> جزءاً من كادر متنام من الباحثين المكرسين لعلم **الصوتنة** sonification: أي تحويل البيانات التي تُعرض عادة بصريا أو رقميا إلى صوت. والأذن، وغالبا أكثر من العين، لديها قدرة استثنائية على التقاط فروقات طفيفة في أي نمط، وهو أمر مفيد في اكتشاف ظواهر ليست واضحة في العرض البصري. وهي الآن تساعد على اكتشاف أوجه نشاط فلكية مخفية وعلى تمييز الخلايا السرطانية من الخلايا الطبيعية.

ويقول عالم الأعصاب <A. كينگ> [من جامعة أكسفورد] إن آذاننا «يمكنها الكشف عن التغييرات التي تحدث في الصوت خلال بضعة أجزاء من الألف من الثانية.» وعلى سبيل المقارنة، فإن قدرة العين على كشف خفقان ضوئي من 50 إلى 60 مرة في الثانية تقريبا. وإضافة إلى النشاط الشمسي والسرطان، استخدمت الصوتنة لدراسة ثوران البراكين ولتمييز أنماط التغيرات في جسيمات ترتبط بالخلفية الكونية من **الموجات الميكروية**[٢]، وهي الأشعة المتبقية من **الانفجار الكبير** the big bang. ومع ذلك، فالعديد من الباحثين لا يدركون فعالية هذه الطريقة. «أرى أنها أداة تنتظر استغلالها،» كما يقول عالم الفضاء <A. روبرتس> [من مركز ناسا گودارد لرحلات الفضاء].

استمع إلى البيانات[**]

وتحويل البيانات إلى صوت ليس فكرة جديدة. و**عَداد گيگر**[٣]، الذي اختُرع في عام 1908، يُصدر نقرات في وجود جسيمات مشحونة نشطة. وفي الثمانينات من القرن الماضي جذب الفيزيائي <A .D. گورنيت> [من جامعة IOWA] انتباه

(*) SOUND BYTES
(**) LISTEN TO THE DATA
(١) bytes = ج: byte **بايت** وهو وحدة معلومات حاسوبية تتألف، في غالب الأحيان، من 8 **بتات** bits؛ و**البتة** bit كما هو معلوم أصغر وحدة يعالجها الحاسوب. فالبايت يمثل مجموعة بالغة الصغر؛ ولهذا تقاس ذاكرة الحاسوب بالكيلوبايت (1024 بايت) والميكابايت (1024 كيلو بايت)، وهكذا... وعلى ما يبدو، فقد استُخدم المصطلح بايتات في عنوان المقال ترجمة لـ«**بيانات صوتية بالغة الصغر**.»
(٢) the microwaves
(٣) the Geiger counter

(التحرير)

باختصار

ترتبط الأذنان بموصلات دماغية سريعة جدا؛ مما يجعلها مستشعرة ممتازة للأنماط في البيانات.

تم اكتشاف **تواقيع** الرياح الشمسية، وكذلك النجوم البعيدة بفضل عملية **الصوتنة** sonification هذه.

ويمكن أيضا أن يتم **التشخيص السريع** للخلايا السرطانية من خلال تحويل بصماتها الجزيئية إلى أصوات.



المؤلف
Ron Cowen
<**كوين**> كاتب عن العلوم ويقيم في سيلفر سبرينگ بولاية ماريلاند.

الجماهير بتسجيلات لعاصفة من البرد قرب كوكب زحل، حيث حول بيانات مرسلة من مركبة ڤويجر 1 و 2 إلى صوت «بينگ! بينگ!»، ناتج من اصطدام **فُتات**[1] bits مادة ثلجية **بالمسابر** probes الفضائية خلال سيرها عبر حلقات الكوكب.

ويعتقد عالم الأعصاب <B. صعب> [من مركز زوريخ لعلم الأعصاب] أن الأذن تستطيع التقاط أنماط دقيقة؛ لأن نظام السمع لدى الثدييات ينقل الإشارات العصبية أسرع من معظم أجزاء الدماغ الأخرى. ويمتلك هذا النظام أكبر موصل معروف بين **العصبونات** neurons، وهو مشبك عملاق يدعى **كأس هيلد** the calyx of Held. وهذا الموصل، الذي هو على شكل كأس زهرة، يحوِّل الموجات الصوتية إلى طفرات في نشاط الخلايا العصبية. وللقيام بذلك، تطلق الكأس **نواقل عصبية**[2] – وهي رُسل الدماغ – 800 مرة في الثانية. وفي المقابل، ليس للمسار البصري مثل هذا الاتصال العصبي السريع، ويذكر <صعب>: «في المحصلة، هذه الاختلافات في آلية العمل تعني أن المحفزات الخفية عن العين، يمكن أن تلتقطها الأذن بسهولة.»

لتوليد الصوت من البيانات الصامتة، يمكن أن يعتمد العلماء على التقلبات في الأشعة السينية وعلى أشعة **گاما** gamma، أو أي إشارة أخرى غير مرئية للعين، وأن يخصصوا صوتا مختلفا لكل تردد أو تغيير في شدته؛ ما يضع هذه التقلبات ضمن نطاق السمع البشري.

وتكمن الخدعة في معرفة المعنى وراء أي تغيير يسمعه العلماء. فلما سمع <ألكسندر> صوت «الأزيز» في ذلك اليوم من عام 2012، لم تكن لديه فكرة في الواقع عما قد يعنيه ذلك الصوت. ومثله عالم فيزياء الفضاء <R. ويكس> [باحث من مركز گودارد] الذي كان قد قدَّم البيانات الخام إلى <ألكسندر>.

ولكن، عندما بدأ <ويكس> بالتدقيق في القياسات التي سجلتها أجهزة أخرى على متن المركبة الفضائية Wind خلال الفترة الزمنية نفسها، لاحظ وجود علاقة غريبة بتسجيل <ألكسندر>. ففي كل مرة تقريبا يصدر ملف <ألكسندر> صوت «أزيز»، وجد <ويكس> نشاطا ملحوظا في كثافة جسيمات مشحونة معينة – **أيونات الهليوم**[3] – في الرياح الشمسية. وأحد الاحتمالات هو أن تدفق الأيونات، التي تلتف حول خطوط المجال المغنطيسي، تعيد بعضا من طاقتها إلى المجال المغنطيسي، فتتسبب في تذبذبه.

ويكشف التفاعل طريقة لانتقال الطاقة ذهابا وإيابا بين المجال والجسيمات. وهذه النتيجة، في المقابل، قد تقدم أدلة جديدة عن واحد من أعمق أسرار الشمس: لماذا غلافها الجوي الخارجي أكثر سخونة مئات المرات من سطحها المتهيج؟

يقول <ويكس> إن ملف الصوت «كان **وحيا**[4]»، ويعزى الفضل في ذلك جزئيا إلى قدرة الصوت على ضغط المعلومات. والمركبة الفضائية Wind تقيس المجال المغنطيسي الذي تحمله الرياح الشمسية نحو 11 مرة في الثانية؛ بينما يبلغ معدل أخذ عينات الصوت، وفقا لجودة القرص المدمج، 100 44 قياسٍ في كل ثانية صوت ضمن نطاق السمع البشري. وإن ما يعادل سنة من القياسات الميدانية التي من شأنها أن تستغرق شهورا للتحليل بالعين، تصبح هكذا ساعتين فقط من الصوت.

لقد نبهت هذه التغييرات الدقيقة العلماءَ إلى تمايزات مهمة في الرياح الشمسية. وقبل عامين، أنتج <ألكسندر> ملفا صوتيا من قياسات لتيار الجسيمات المغنطيسي للشمس جمعها **مستكشف التركيب المتقدم**[5]، وهو **ساتل** satellite آخر لوكالة ناسا. وقام بتحويل الإشارات التي تُظهر الوفرة النسبية لنوعين من أيونات الكربون في الرياح الشمسية إلى أصوات مسموعة – تلك التي انتزع منها أربعة من إلكتروناتها الستة، وأخرى جردت تماما من كامل الإلكترونات الستة. وأثناء الاستماع إلى الملف، استشف <ألكسندر> همهمة على تردد 137.5 دورة في الثانية، وهو صوت قريب من النوتة الموسيقية C الحادة تحت C الوسطى.

وأن تكون هناك همهمة أصلا يعني أن المقادير النسبية لهذين النوعين من أيونات الكربون تقلبت على مرّ الزمن. وكانت الأصوات المخصصة للأيونات المختلفة يتداخل بعضها ببعض بين الحين والآخر. وبتعبير موسيقيّ أكثر، كانت الأصوات تخلق تناغما.

ويقول <ألكسندر>: «لقد بحثت في البيانات عن طريق الاستماع إلى ما بين 20 إلى 30 من **البارامترات**[6]، وأدركتُ عندما وصلت إلى الكربون، وجود تناغم قوي جدا، ففكرت، إذا سمعتُ الكربون، ولم يلحظه أحد، ربما هو أمر

(١) وفي الحاسوب: **بتات** bits.
(٢) neurotransmitters
(٣) helium ions
(٤) revelation
(٥) the Advanced Composition Explorer
(٦) parameters؛ أو: مَعْلَمات.

يستحق التدقيق.»

وطرح تردد الهمهمة دليلا آخر: إذ إنه توافق مع فاصل زمني فـي البيانات الأصلية للمركبـة الفضائية يقارب 27 يومـا، وهـو الزمن الذي تسـتغرقه الشـمس لتدور حول محورها مرة واحدة.

وعرض ‹ألكسندر› اكتشـافه هذا على ‹E. لاندي› [عالم فيزياء الفضاء من جامعة ميتشـگان] الذي أدرك أن نسـبة نوعـي أيونات الكربـون تغيـرت تزامنا مع نوعـي الرياح الشمسـية (التي تنتجهما الشـمس). فالنوع الأول هو رياح سـريعة الحركة، تأتي مـن مناطق مظلمة وأكثـر برودة في الغلاف الجوي الخارجي للشمس (أو الهالة) وتعرف **بثقوب الهالـة** coronal holes. وليسـت خطوط المجال المغنطيسـي في هذه الرياح، معبأة معا بكثافة، لذلك تسـمح للجسـيمات بالإفلات بسـرعة أكبر. والرياح البطيئـة، من ناحية أخرى، تأتي من مناطق أكثر سخونة تحتوي على مجالات مغنطيسية أكثر كثافة.

وهذه المناطـق ذات درجات الحرارة المرتفعة، وبسـبب المزيـد من الطاقـة التي تمتلكها، تُجـرِّد ذرات الكربون من جميع إلكتروناتها بنسبة أكبر مما تستطيع المناطق الباردة. وفي عام 2012، نشر ‹لاندي› و‹ألكسندر› وزملاؤهما ورقة علمية في مجلة **الفيزياء الفلكية** the Astrophysical Journal تجـادل في أن الاختلافات في أيونات الكربون كانت أفضل طريقة للتمييز بين نوعي الرياح الشمسية. واقترحوا ضرورة أن تحل هذه الطريقة محل ما كان أداة التشخيص القياسية، وهي نسـبة أيونات الأكسجين. والتحذير المبكر لنوع الرياح المتجهـة نحو الأرض يمكـن أن يكون مهمـاً، لأن كل نوع يفضي إلـى صنف مختلف من الطقـس الفضائي، ويمكن لخصائصها المغنطيسـية تعطيل الاتصالات عبر السـواتل بطرق مختلفة.

ويقول ‹لاندي›: «فقط من خلال الاستماع إلى البيانات، يمكنـك تحديد طور الإشـارة بدقـة أعلى مـن أي طريقة رياضياتيـة أخرى». وقد ألهمته هذه البصيرة استكشـاف ميزات الشـمس الأخرى عبر الصوت. ومع أنه من المعروف أن دورة نشاط الشمس تشتد وتتراجع كل 11 سنة، بما في ذلك عدد **البقع الشمسـية** sunspots، **التأججات الشمسية** solar flares، واندفاعـات أخرى، فقد اقتـرح بعض العلماء أن الـدورة تمتد أحيانا فترات أطـول، من 19 إلى 20 عاما. ويقول ‹لاندي›: «نود تطبيق التحليل السمعي لدراسة الدورة الشمسـية الأطول وعلاقتها بالدورة الشمسـية القياسـية المستمرة 11 عاما.»

ضجيج غير صحيّ(*)

وهناك العديد من المزايا الأكثر تواضعا يمكن الحصول عليها بتحويـل البيانات إلى صوت. وقد بـدأ الباحثون في إنكلترا بتطبيـق الصوتنة علـى عينات الخلايا السـرطانية لتمييزها من الخلايا السـليمة أثناء فحص اختصاصي علم الأمراض خزعاتٍ تخص المريض الذي يحتاج إلى جواب عاجل.

ويقول ‹R. استيبلس› [موسيقار وتقاني الإعلام الرقمي من جامعة برمنگهام سيتي]: «في النظام الصحي بالمملكة المتحدة، تكـون فترة الانتظار طويلة جدا بـين أخذ الخزعة من المريض وإرسالها إلى المختبر، وبعد ذلك تحليلها وإعادتها مرة أخرى». وفي أثناء التشـاور مع زميل له، وهـو اختصاصي الكيمياء التحليلية ‹G. كليمنس› [من جامعة Central Lancashire] خطرت على ‹استيبلس› فكرة تحويل التقنية البصرية لتحديد الخلايا السرطانية إلى نظام صوتي.

ويقول ‹استيبلس›: «لقد أردنا تعجيل هذه العملية، بحيث يكون هناك شـخص ما في غرفة المريـض أو عيادة الطبيب العـام وتُعرض أمام الجميع البياناتُ التي تحدد ما إذا كانت الخلايا سرطانية أو سليمة.»

وفـي الإجراء المعتاد، والمعروف بـ **رامان تحليل طيفي**[1]، يقوم اختصاصي علم الأمراض بتسـليط أشعة الليزر تحت الحمراء على خلايا موضوعة على شريحة؛ فتقوم طاقة الضوء بتحفيز الجزيئات في الخلايا لتهتز. والجزيئات المختلفة تهتز بطرق مختلفة؛ والاهتزازات تغير تردد الفوتونات المنتثرة من العينـة. وطيف الألوان في الضوء المنتثر العائد من الجزيئات هو بصمة تحدد خصائصهـا. وبعض الجزيئات، وهي جزء من بروتينات غير طبيعية في حالات السـرطان، لها بصمات مختلفة عن البروتينات العادية. لكن هذه الاختلافات البصرية طفيفة، ولذلك، فإنها تحتاج إلى الوقت والخبرة لتحديد ما إذا كانت الخلايا سليمة أم لا.

والدقة هي اختصاص السـمع بالتأكيد. «فالأذن البشرية مدربة بشـكل طبيعي على اكتشـاف الأنماط والاطراد، وهي أفضل بكثير من العين في التعرف عليها»، هذا ما يقوله معاون ‹استيبلس› ‹D. ڤيسينازا› [فيزيائي وموسيقار من DANTE وهو ائتلاف أوروبي في كامبريدج بإنكلترا يقوم ببناء وإدارة شبكات عالية السرعة للبحوث والتعليم]. ويقول ‹ڤيسينازا›: «العين، على سبيل المثال، لا يمكنها أن تميز بين الضوء الذي يومض 30 أو 60 مرة في الثانية، ولكن الأذن تستطيع أن تميز مصدرا للصوت يهتز 30 أو 60 مرة في الثانية.»

لقد تعاون ‹استيبلس› مع ‹ڤيسـينازا› لتحويل البيانات

(*) AN UNHEALTHY NOISE

(1) Raman spectroscopy

إلـــى صوت، مع التركيز على تلــك الأجزاء من الطيف المرئي التـــي تبــين الاختلافات بين الخلايا الســرطانية والســليمة وتحويلهـــا إلى أصوات مميــزة. ويقول ‹اســتيبلس› إنه لم يتفاجأ بإمكانية وجود اختلافات بين الطيف الصوتي للخلايا السليمة والســرطانية، لكنه صَرَّح: «فوجئت كيف يمكننا أن نصنف هذه الاختلافات بشكل جيد.»

وخلال التجارب، قدم 300 ملف صوتي إلى نحو 150 طبيباً، ويمثل كل منها عينة لنســيج مختلف. ووفقا لـ ‹اســتيبلس›، تمكــن الأطباء من تمييز الفــروق بين العينات في نحو 90 في المئة من الوقت بشــكل صحيح. وقد قدم هو وزملاؤه تقريرا بذلك في الشـــهر 2014/6 خـــلال المؤتمر الدولي العشـــرين للعرض الســمعي في مدينة نيويورك، ويؤكد ‹استيبلس› أنه في غضون عام يتوقع الفريق البدء باختبار الأطياف السمعية في عيادات الأطباء.

ويعتقد ‹استيبلس› أيضا أن هذا الأسلوب يمكن أن يجد طريقــه إلى غرفة العمليات، ليعطي الأطبــاء **تغذية راجعة**[١] feedback ســريعة أثنــاء الجراحة حــول مـــا إذا كانوا قد اســتأصلوا جميع الخلايا السرطانية أو ما إذا كان بعضها لا يزال موجودا. ولنجاح ذلك، ينبغي القيام بالتحليل الطيفي بســرعة، ثم صوتنته وبثه في غرفة العمليات. وذلك يعني أن ‹اســتيبلس›وزملاءه ليس عليهم فقط اختيار نغمات، طبقات وطابع الصوت للحفاظ على خاصية الطيف الأصلي فحسب، وإنما أيضا توليد الأصوات التي تكون مستساغة.

ويضيف ‹اســتيبلس›: «إذا كنت تُجري نوعا من العمليات الجراحية عالية الدقة، فإنك لا تريد حدوث هذا الرنين المشــتت والمســتمر في أذنيك. ومن الصعــب جدا الحصول على توازن بين جعل الإشــارة غير مُشــتتة ومع ذلك الحفــاظ على جودة البيانات ذات الدلالة الفعلية في تمييز الاختلافات بين نوعين من الأنسجة أو الخلايا.» لكن الاختبارات التي أجراها مع الأطباء تشير إلى أن **المصوتنات** sonifiers أصابت توازنا معقولا.

صوت مقابل بصر(*)

مــع أن للصوتنة مزايا علــى العرض البصــري، يواجه ‹استيبلس›، ‹ألكســندر› وآخرون متخصصون بالصوتيات عقبةً رئيسة: وهي ببساطة تتمثل بحثِّ الباحثين على تجربة هذه الطريقة الجديدة في استكشاف البيانات. ويقول ‹ألكسندر›: «بدءا من المدرسة الابتدائية وما يليها، نحن محاطون بتمثيلات بصريــة مثل المخططات البيانية والرســوم البيانية الدائرية». ويضيف: «وما أن يصبح شــخص ما عالما، تكون لديه معرفة **ببنية الجمل** syntex، ولديه فهم عن كيفية عمل هذه الرســوم البيانيـــة ونوعا من المنطق الداخلي؛ في حين أنه عندما تضغط على زر "تشغيل" لتصغي إلى البيانات لأول مرة، فإنه ليست لديك مفردات، ولذا فليس هناك أساس للمقارنة.»

لكن شــيوع بعض هذه البحوث مؤخرا يمكن أن يســاعد على تســليط الضوء على قيمة المقاربة الصوتية. وعلى سبيل المثال، تم تحويل تســجيلات الأشعة السينية للسلوك العنيف لزوج من النجوم الدوارة إلى ألبوم موســيقيّ يضم إيقاعات **آفرو-كوبية** Afro-Cuban، وهو متوفر على iTunes.

ويتكــون زوج النجــوم EX Hydrae، مــن قزم أبيض نجم هــرم فائق الصغــر، مرتبط بجاذبية محكمــة مع نجم عادي ضخــم. وبينما يحوم النجمان حــول بعضهما البعض، يقوم القزم الأبيض بانتزاع المادة من شريكه، ويلفظها في الفضاء على هيئة أشعة سينية جرى تسجيلها من قبل مرصد الأشعة الســينية Chandra التابع لوكالة ناســا. وقد استخدمت عالمة الفيزياء الفلكية ‹w. دياز›، وهي كفيفة، **برنامجاً حاسـوبياً مفتوح المصدر** xSonify لتحويل التذبذبات في طاقة الأشــعة الســينية إلى صوت. وقد رأى بعض الزمــلاء الذين يميلون إلى الموسيقى بعض هذه البيانات المطبوعة على هيئة علامات موســيقية. وكانت العلامات كثيرة الشبه بنمط إيقاعي يدعى **العصا** clave يوجد في الموسيقى الآفرو-كوبية و**البوسَّا نوڤا** bossa nova. وأخذ المؤلف الموسيقي الألماني ‹v. شتودتراكر›، وهــو ابن عم أحد هؤلاء العلماء، هذه الفكرة وتابع بها، وكتب من الأشــعة السينية موسيقى بوسا نوڤا فوگ، ڤالس، مؤلف **بلــوز** blues، أغاني جــاز والعديد من القطع الأخرى اعتمادا علــى سلاســل مختلفة من النغمات المســتمدة من الأشــعة الســينية. ويطلق على الألبوم الذي يضــم بيانو، **باصاً** bass وطبولاً: «**أشعة إكس هيدرا**» X-ray Hydra.

وأصبحت لهذه المؤلفات شعبية واسعة في المجتمع الفلكي وبين علماء آخرين، وتلك الموســيقى هي بالنســبة إلى أُذنيْ ‹ألكسندر›: «جزء من التحدي وهو مجرد طرح البيانات على الملأ، ودفــع المزيد من الناس إلى الاســتماع.» إنه يعتقد أن الاستماع ســيؤدي إلى اكتشــافات جديدة. «هذا النوع من الصوت مليء بنغمات قصيرة وناعمة». ويقول ‹ألكســندر›، «وكل واحدة هي لغز فيزيائي ينتظر الحل.» ■

(*) SOUND VS. SIGHT
(١) أو: مرتدة، عكسية.

مراجع للاستزادة

Assisted Differentiated Stem Cell Classification in Infrared Spectroscopy Using Auditory Feedback. Domenico Vicinanza et al. Presented at the 2014 International Conference on Auditory Display, June 23, 2014.

The Bird's Ear View of Space Physics: Audification as a Tool for the Spectral Analysis of Time Series Data. Robert L. Alexander et al. in *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, Vol. 119, No. 7, pages 5259–5271; July 2014.

Scientific American, March 2015

تتمة الصفحة 66 (قدرات النياندرتاليين العقلية)



وعـدم انقراضـها مع انقراض آخر فرد مــن أفراد مجموعة صغيرة معزولة. فجماعة الإنسان العاقل الأكبر عددا والأكثر تواصلا وفرت، بحسـب <C. سـترينگر> [من متحف التاريخ الطبيعـي في لنـدن]، المزيد من التقدم الفعـال لبناء المعرفة والحفاظ عليها، مقارنة بما لدى أفراد البشـر المبكرين، بمن فيهـم النياندرتاليين. وعلى الرغم من ذلك، فإن وصول أفراد البشـر الحديثين لم يوضح انقراض النياندرتاليين السريع. والمحاولة الأخيرة لتعقب تناقص أعـداد النياندرتاليين التي أجراها <Th. هيكهام> وزملاؤه [من جامعة أكسـفورد] طبقت طرقا لتحديد أعمار محسنة وذلك لتحديد أعمار العشرات من مواقع النياندرتاليين وأفراد الإنسان الحديث الأوروبي امتدت من إسـبانيا إلى روسـيا. فقد بينت النتائـج أن المجموعتين تشـاركتا القارة لمدة 2600 إلى 5400 سنة تقريبا، وذلك قبل اختفاء النياندرتاليين نهائيا نحو ما قبل 39000 سنة خلت.

وهذا التشارك الطويل الأمد في القارة ربما ترك الكثير من الوقت للتزاوج بين المجموعتين. إذ بينت تحاليل الدنا أن أفراد البشر الحاليين الذين يعيشون خارج إفريقيا يحملون وسطيا ما لا يقل عن نسبة 1.5 - 2.1 في المئة من الدنا النياندرتالي – وهي تركة الاتصالات الجنسـية بـين النياندرتاليين وأفراد البشر الحديثين تشريحيا لعشـرات الألوف من السنين بعد أن بدأت المجموعة الأخيرة بالانتشار خارج إفريقيا.

ويقتـرح بعـض المختصـين أن الاختـلاط بـين جماعة النياندرتاليين الأصغر عددا وجماعة البشـر الحديثين الأكبر عددا يمكن أن يكـون قد أدى إلى انقـراض النياندرتاليين، فـي نهاية المطاف، بالهيمنة على **مجمـع جيناتهم**[1]. ويعتقد <فراييز> «أن النياندرتاليين لم يكونوا بأعداد كبيرة جدا، فقد كان هناك أنـاس قَدِموا من مناطق أخرى واختلطوا بهم مما أدى إلـى انقراضهم. فتاريخ جميع الكائنـات الحية ينتهي بانقراضهـا»، ويضيف «وهذا لا يشـير بالضرورة إلى أنهم كانوا أغبياء أو عاجزين ثقافيـا أو غير قادرين على التكيف وإنما يشير فقط إلى ما كان يحدث.» ■

(١) مجمع الجينات gene pool = العدد الكلي لجينات الفرد في نوع من الأنواع.



مراجع للاستزادة

Brain Development after Birth Differs between Neanderthals and Modern Humans. Phillip Gunz et al. in *Current Biology*, Vol. 20, No. 21, pages R921–R922; November 9, 2010.

Impossible Neanderthals? Making String, Throwing Projectiles and Catching Small Game during Marine Isotope Stage 4 (Abri du Maras, France). Bruce L. Hardy et al. in *Quaternary Science Reviews*, Vol. 82, pages 23–40; December 15, 2013.

A Rock Engraving Made by Neanderthals in Gibraltar. Joaquín Rodríguez-Vidal et al. in *Proceedings of the National Academy of the Sciences USA*, Vol. 111, No. 37, pages 13,301–13,306; September 16, 2014.

Scientific American, February 2015

كَشّاف موضوعات مجلة العلوم
2015

نورد في هذا الكشاف المقالاتِ التي نشرت في **العلوم** عام 2015 (المجلد 31)، ونضع إلى يسار عنوان كل مقالة (*رقم العدد – رقم الصفحة*).

وقد تَمَّ ترتيب هذه المقالات *ألفبائيا* ضمن تخصصاتها المعروضة في الإطار أدناه مرتبة *ألفبائيا* أيضا بعد إهمال "أل" التعريف وكلمة "عِلْم" و"علوم".

(قسيمة اشتراك / تجديد اشتراك في العلوم)

* أرجو تسجيل / تجديد اشتراكي في العلوم لمدة (   ) سنة

اعتبارا من الشهر .... عام ....

الاسم : ....

الوظيفة/ المهنة (اختياري) : ....

العنوان البريدي: ....

.... فاكس : ....

العنوان الإلكتروني : ....

هاتف : نقال .... عمل .... منزل ....

مرفق القيمة وقدرها (..)

شيك/ حوالة رقم (..............................) بتاريخ ....

مسحوب على ....

التوقيع ....

الاشتراكات

	بالدينار الكويتي	بالدولار الأمريكي
* للطلبة وللعاملين في سلك التدريس و/أو البحث العلمي	12	45
* للأفراد	16	56
* للمؤسسات	32	112

ترسل طلبات **الاشتراكات** إلى المجلة مرفقة بشيك أو حوالة باسم «**شركة التقدم العلمي للنشر والتوزيع**» مسحوبين على أحد **البنوك الكويتية** التالية.

* بنك الكويت الوطني — * National Bank of Kuwait
* البنك التجاري الكويتي — * The Commercialk Bank of Kuwait
* البنك الأهلي الكويتي — * Al Ahli Bank of Kuwait
* بنك الخليج — * The Gulf Bank
* بنك برقان — * Burgan Bank
* البنك الأهلي المتحد — * Ahli United Bank
* بيت التمويل الكويتي — * Kuwait Finance House

(قسيمة إهداء اشتراك في مجلة العلوم)

لقريب أو صديق أو مؤسسة

* أرجو تسجيل اشتراك في مجلة العلوم كإهداء لمدة (   ) سنة

اعتبارا من الشهر .... عام ....

اسم المُهْدَى إليه : .... :Name

الوظيفة/ المهنة (اختياري) : ....

العنوان البريدي : .... :Mailing Address

.... فاكس : ....

العنوان الإلكتروني : .... :e-mail

هاتف : نقال .... عمل .... منزل ....

مرفق القيمة وقدرها (...)

شيك/حوالةرقم (..) بتاريخ...

مسحوب على ....

اسم مقدم الإهداء : ....

العنوان : ....

.... فاكس : ....

هاتف : نقال .... عمل .... منزل ....

التاريخ ....

التوقيع ....



شارع أحمد الجابر، الشرق – الكويت

ص.ب : 20856 الصفاة، الكويت 13069

العنوان الإلكتروني: e-mail: oloom@kfas.org.kw

هاتف: 22428186 (965+) – فاكس: 22403895 (965+)

Majallat AlOloom



Editor In Chief
Adnan Hamoui

Letters to the Editor

Scientific American
75 Varick Street, 9th Floor,
New York, NY 10013-1917
or editors@SciAm.com

Letters may be edited for length and clarity. We regret that we cannot answer each one. Post a comment on any article instantly at www.ScientificAmerican.com/sciammag

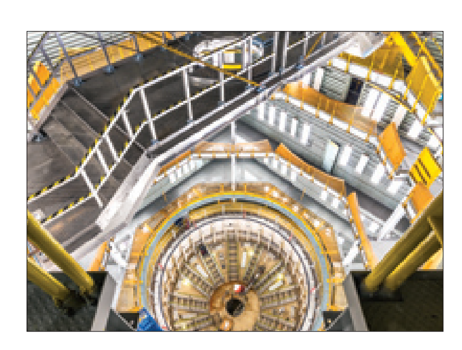


Majallat AlOloom November / December - 2015 Volume 31 Number 11/12 SCIENTIFIC AMERICAN













الدكتور المهندس **نبيل علي**

رائد المعلوماتية العربية

في ذمة الله

2016 - 1938

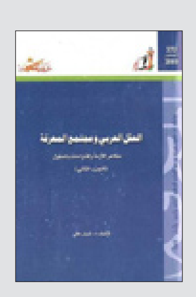
بخالص العزاء وعظيم المواساة تنعى **العلوم** فقيد أمتنا الدكتور المهندس **نبيل علي**، الذي يُعدُّ بحق «**الأب الروحي للمعلوماتية العربية**».

أتمَّ المرحوم دراسته العليا في هندسة الطيران بجامعة القاهرة. وبرع – رحمه الله – في المعلوماتية؛ فنجح في تصميم أول نظام حجز آلي لشركات الطيران في المنطقة العربية.

وتطور حسّ الإبداع لديه فعمل في مجال الهندسة اللغوية، وتحديدا في المعالجة الآلية للغة العربية.

فقد نجح في تطويع حروف العربية إلى الحاسوب، كما نجح في معالجة مسائل النحو والصرف هندسيا. وكان أول من صممَ:

- مُحرِّكا بحثيا للغة العربية على أساس صرفي.
- قاعدة بيانات معجمية للغة العربية.
- قاعدة معارف الشعر العربي.
- برنامجاً حاسوبياً للقرآن الكريم.
- نموذجَ المختبر اللغوي المتقدم لتعليم العربية وتعلُّمها.



ومن **الجوائز** التي تلقاها المرحوم:

- جائزة أحسن كتاب في مجال «**الدراسات المستقبلية**»، الهيئة العامة للكتاب، 1994.
- جائزة أفضل كتاب ثقافي في مجال «**تحديات عصر المعلومات**»، الهيئة العامة للكتاب، 2003.
- جائزة «**الإبداع في تقنية المعلومات**»، مؤسسة الفكر العربي، 2007.
- جائزة «**الملك فيصل العالمية**» – مناصفة – في مجال «**المعالجة الحاسوبية للغة العربية**»، 2012.



ومن **مؤلفات** المرحوم:

- اللغة العربية والحاسوب (دراسة بحثية)، دار تعريب، 1988.
- العرب وعصر المعلومات، سلسلة عالم المعرفة، العدد 184، 1994.
- الثقافة العربية وعصر المعلومات (رؤية لمستقبل الخطاب الثقافي العربي)، سلسلة عالم المعرفة، العدد 265، 2001.
- الفجوة الرقمية (رؤية عربية لمجتمع المعرفة) بالاشتراك مع **د. نادية حجازي**، سلسلة عالم المعرفة، العدد 318، 2005.
- العقل العربي ومجتمع المعرفة (مظاهر الأزمة واقتراحات بالحلول):
  الجزء الأول، سلسلة عالم المعرفة، العدد 369، 2009.
  الجزء الثاني، سلسلة عالم المعرفة، العدد 370، 2009.

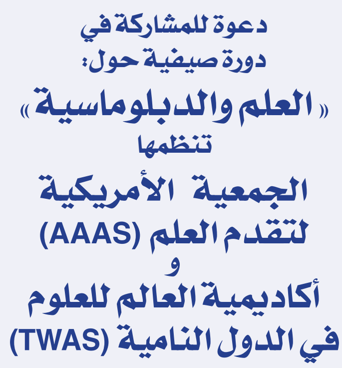


ومن أقواله: «نواجه عصرا جديدا بعقلية غاية في القدم، هذا هو المأزق الذي نجد فيه أنفسنا كعرب ونحن نواجه متطلبات العصر الحديث. ثمة فجوة معرفية تزداد هُوَّتها كل يوم وتهدد بعزلنا على الجانب الآخر من التاريخ. لنبدأ الخطوة الأولى لسد هذه الفجوة المعرفية؛ لنبدأ بالترجمة.»



وفي تقديمه لكتابه «**العرب وعصر المعلومات**» يتوجه إلى العلماء والمهندسين والفنيين العرب المتخصصين في مجال الحاسوب والمعلوماتية مبينا أن: «الكتاب هو بمثابة دعوة إليهم لتجاوز حدود الجوانب الفنية؛ فلم يعد يكفينا حديثٌ عن الإمكانيات الهائلة لتقانة المعلومات وإنجازاتها الباهرة وبلايين العمليات الحسابية في الثانية الواحدة، وسرعة النانو ثانية وذاكرة الحاسوب ذات سعة الميگابايت، وعبقرية نظم البرامج، ومعجزات الذكاء الصنعي، والاحتمالات البعيدة والمرتَقبة لهندسة المعرفة. فالأهم في رأيي هو إبراز مغزى كل هذه الأمور والحقائق والتوقعات لاقتصادنا وإعلامنا وتعليمنا وثقافتنا ولغتنا، وما أثرها في علاقاتنا وصراعتنا مع أنفسنا ومع غيرنا، وفي فكرنا وتراثنا، وما انعكاساتها على واقعنا: على مصانعنا ومدارسنا ومكاتبنا وحقولنا ومنازلنا وخيامنا، وعلى مدننا وقُرانا وساحاتنا، وماذا تعنيه هذه التقانة الساحقة بالنسبة إلى رجالنا ونسائنا وأطفالنا، وأجيالنا الحالية وأجيالنا القادمة.»

رحم الله الفقيد وألهم أهله الصبر والسلوان



دعوة للمشاركة في
دورة صيفية حول:
«العلم والدبلوماسية»
تنظمها
الجمعية الأمريكية
لتقدم العلم (AAAS)
و
أكاديمية العالم للعلوم
في الدول النامية (TWAS)

Call for participation in the AAAS-TWAS Summer Course on "Science and Diplomacy"

The course is organized by the American Association for the Advancement of Science (AAAS) and The World Academy of Science for the advancement of science in the developing countries (TWAS). This course aims to expose participants to some key concepts on the interactions between the scientific and policy-making communities. The course will also explore contemporary international policy issues relating to:

science, technology, environment and health.

The AAAS-TWAS Course on Science and Diplomacy will be held:

from 11 to 16 July 2016
in Trieste, Italy.

Application deadline is:
4 March 2016

Successful candidates will be contacted before the end of March.

For more information and to download the application form, please visit:

http://twas.org/node/11557

For any queries, please contact:

sciencediplomacy@twas.org